



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학박사학위논문

도시 물순환 관리를 위한
빗물 그린인프라스트럭처 실천전략에 관한 연구

A Study on the Stormwater Green Infrastructure Strategy
for the Sound Hydrological Cycle Management in Urban Areas

2014년 2월

서울대학교 대학원
협동과정 조경학 전공
김 승 현

도시 물순환 관리를 위한
빗물 그린인프라스트럭처 실천전략에 관한 연구

지도교수 조 경 진

이 논문을 공학박사학위논문으로 제출함
2014년 1월

서울대학교 대학원
협동과정 조경학 전공
김 승 현

김승현의 박사학위논문을 인준함
2014년 2월

위	원	장	_____	(인)	
부	위	원	장	_____	(인)
위		원	_____	(인)	
위		원	_____	(인)	
위		원	_____	(인)	

국 문 초 록

도시 물순환 관리를 위한 빗물 그린인프라스트럭처 실천전략에 관한 연구

지도교수: 조 경 진
서울대학교 대학원 협동과정 조경학 전공
김 승 현

최근 기후변화에 따른 강우패턴의 변화와 도시화로 인한 불투수층의 증가로 인해 도시홍수의 증가, 지하수위의 저하, 열섬현상의 심화, 수질오염의 악화 등이 빈번하게 발생되고 있다. 이에 본 연구는 도시지역에 물순환 왜곡으로 인해 발생하는 문제점을 해결하기 위해 최근 도시 물순환 관리 전략으로서 미국을 중심으로 활발하게 논의되고 있는 그린인프라스트럭처(이후 본문에서는 약어인 ‘그린인프라’로 표기한다)의 정책, 기술요소, 계획 및 설계전략 등 그린인프라스트럭처 실천전략에 관하여 연구하고자 한다.

이를 위해 먼저 그린인프라의 개념, 유형, 편익 등의 이론적 내용을 고찰하였고, 최근 그린인프라의 정책적 실행에 있어 선도적인 북미에 주요도시들의 그린인프라 정책을 분석하고 서울시의 그린인프라 관련 정책과 비교분석하여 국내에 그린인프라 정책수립에 있어 시사점을 제시하고자 하였다. 또한 그린인프라가 실제로 조성된 해외의 다양한 그린인프라 계획 및 설계사례를 분석하여 그린인프라의 기술요소와 계획 및 설계전략을 도출하였다. 이러한 연구를 토대로 국내 최초로 국가공원으로 조성되고 있는 용산공원 설계 국제 공모에 제출된 출품작들의 그린인프라 설계전략을 분석하고 향후 조성될 용산공원과 주변 도시지역의 물순환 회복을 위해 적합한 그린인프라 전략을 도출하였다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 미국을 중심으로 1990년대 후반에 통용되기 시작한 그린인프라는 자연지역과 오픈스페이스 등의 상호연결을 중요시하는 공원녹지네트워크 개념에서 시작하여, 최근에는 도시지역에 훼손된 자연의 수문학적 과정을 회복하기 위한 지속가능한 도시 물순환 관리 전략으로서 그린인프라 개념으로 진화되고 있다.

둘째, 그린인프라는 협의적 의미에서 소규모의 레인가든, 식생수로, 인공습지, 옥상녹화, 침투트렌치, 투수성포장, 빗물저장시설 등 도시지역에 적용가능한 강우유출수 및 오염원 저감 기술요소를 포함할 뿐 아니라 광의적 의미에서 그린인프라는 도시지역의 건전한

물순환을 위한 산림, 하천 등의 자연지역과 공원, 녹지 등 오픈스페이스의 보존과 상호연결을 의미하는 도시지역의 주요한 생태적 인프라를 포함한다.

셋째, 그린인프라는 강우유출수의 저감과 침투, 지하수 충전, 도시홍수와 침수의 예방 등 도시지역의 물순환 회복 뿐 아니라 도시지역의 열섬현상 완화, 동식물의 서식처 제공, 생물다양성 증진, 대기질 향상, 에너지 사용절감, 여가·휴양 기회의 제공, 삶의 질 향상, 자산가치 상승, 기후변화 적응과 완화 등 다양한 사회적, 경제적, 환경적인 편익을 다차원적으로 지속가능하게 제공할 수 있다.

넷째, 미국의 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀 등의 주요도시에서는 기존의 배수관, 하수시설, 관로 등 강우유출수 관리를 위한 단일목적의 회색인프라를 지양하고 다차원적이고 비용효과적이며 지속가능한 편익을 제공하는 그린인프라 정책을 수립하고 이를 조성하기 위해 그린인프라 규정 및 조례, 시범사업, 교육 및 지원활동, 빗물요금, 인센티브 등의 다양한 정책수단을 활용하고 있다.

다섯째, 해외의 주요도시들은 도시의 물순환 회복을 위해 그린인프라의 양적인 확충 뿐 아니라 도시, 단지, 부지, 가로 등의 다양한 토지이용에 질 높은 수준의 그린인프라의 계획과 설계를 통해 도시민에게 쾌적한 환경과 심미적인 만족감을 제공할 수 있는 작동하는 조경설계로서 그린인프라의 조성을 실천하고 있다.

여섯째, 향후 조성될 용산공원은 인공습지, 생태하천, 호수, 생태연못, 식생수로, 저류지, 투수성포장 등 식생기반과 비식생기반의 그린인프라 기술요소를 활용하여 용산공원 내 조성되는 녹지, 수공간, 건물, 도로, 보행로 등 다양한 토지이용에 적용하고 각각의 그린인프라 기술요소들이 생태적 작동시스템으로 기능할 뿐 아니라 서로 연결되고 네트워크됨으로서 더 큰 환경적, 경제적, 사회적 편익을 창출할 수 있다.

주요어: 도시 물순환, 그린인프라스트럭처, 그린인프라 정책, 그린인프라 계획, 그린인프라 설계, 용산공원

학 번: 2008-30680

목 차

제1장 서론	1
제1절 연구 배경 및 목적	1
제2절 연구 범위 및 방법	3
1. 연구의 범위	3
2. 연구의 내용 및 방법	3
제3절 연구사	8
1. 분산식 빗물관리에 관한 연구	8
2. 저영향개발에 관한 연구	10
3. 그린인프라스트럭처에 관한 연구	11
4. 도시 물순환 관리 기술요소에 관한 연구	13
제4절 도시 물순환 관리 관련 국내법규 검토	16
 제2장 그린인프라스트럭처 이론적 고찰	20
제1절 도시 물순환을 위한 그린인프라스트럭처 개념	20
1. 공원녹지 네트워크로서 그린인프라스트럭처	20
2. 도시 물순환 관리로서 그린인프라스트럭처	23
제2절 도시 물순환을 위한 그린인프라스트럭처 유형	25
1. 적용기법에 따른 그린인프라스트럭처 유형	25
2. 강우처리 방식에 따른 그린인프라스트럭처 유형	29
제3절 도시 물순환을 위한 그린인프라스트럭처 편익	33
1. 그린인프라스트럭처의 지속가능한 편익	33
2. 그린인프라스트럭처의 다차원적 편익	36

제4절 도시 물순환을 위한 그린인프라스트럭처 정책	39
1. 그린인프라스트럭처 실행을 위한 빗물규정 및 지방조례	40
2. 그린인프라스트럭처 도입과 확대를 위한 시범사업	42
3. 그린인프라스트럭처 교육 및 지원활동	44
4. 그린인프라스트럭처 재정지원을 위한 빗물요금	45
5. 그린인프라스트럭처 장려를 위한 인센티브	47
6. 소결	50
 제3장 그린인프라스트럭처 계획 및 설계사례분석	52
제1절 도시 물순환을 위한 그린인프라스트럭처 계획 및 설계사례	52
1. 그린인프라스트럭처 계획 및 설계사례 개요	52
2. 그린인프라스트럭처 계획 및 설계사례 분석	53
제2절 도시 물순환을 위한 그린인프라스트럭처 기술요소 도출	57
1. 그린인프라스트럭처 계획 및 설계사례 기술요소 분석	57
2. 그린인프라스트럭처 기술요소 도출	60
제3절 도시 물순환을 위한 그린인프라스트럭처 계획 및 설계전략	63
1. 연결된 시스템으로서 그린인프라스트럭처	63
2. 생태적 작동시스템으로서 그린인프라스트럭처	65
3. 다차원적 접근으로서 그린인프라스트럭처	69
 제4장 그린인프라스트럭처 국내 적용성 검토	71
제1절 용산공원 설계 국제공모 출품작 그린인프라스트럭처 전략 분석	71
1. 용산공원 설계 국제공모 출품작 그린인프라스트럭처 전략 분석내용	72
2. 용산공원 설계 국제공모 출품작 그린인프라스트럭처 전략 분석	74
3. 용산공원 설계 국제공모 출품작 그린인프라스트럭처 전략 분석종합	84

제2절 용산공원 그린인프라스트럭처 전략 도출	88
1. 연결된 시스템으로서 그린인프라스트럭처 전략	88
2. 생태적 작동시스템으로서 그린인프라스트럭처 전략	92
3. 다차원적 접근으로서 그린인프라스트럭처 전략	96
 제5장 결론	 100
 참고문헌	 104
Abstract	115

표 목 차

〈표 1-1〉 그린인프라 개념, 유형, 편익 분석내용	4
〈표 1-2〉 그린인프라 정책 분석내용	4
〈표 1-3〉 그린인프라 계획 및 설계사례 대상지 개요	5
〈표 1-4〉 용산공원 설계 국제공모 출품작 그린인프라 전략 분석내용	6
〈표 1-5〉 분산식 빗물관리에 관한 연구	9
〈표 1-6〉 저영향개발에 관한 연구	11
〈표 1-7〉 그린인프라스트럭처에 관한 연구	12
〈표 1-8〉 도시 물순환 관리 기술요소에 관한 연구	15
〈표 1-9〉 도시 물순환 관리 관련 제·개정된 국내 법령 및 시행규칙	17
〈표 1-10〉 서울특별시 빗물관리에 관한 조례 전부개정안 주요내용 중 일부	19
〈표 2-11〉 공원녹지네트워크로서 그린인프라 정의	22
〈표 2-1〉 적용기법에 따른 그린인프라 유형 분류	26
〈표 2-2〉 저영향개발 기술요소 개요 및 입단면도	27
〈표 2-3〉 강우처리 방식에 따른 그린인프라 기술요소	30
〈표 2-4〉 미국환경보호청에서 제시한 그린인프라 편익의 유형	34
〈표 2-5〉 서울특별시 빗물관리에 관한 조례 전부개정안 주요내용 중 일부	41
〈표 2-6〉 그린인프라 조성을 위한 인센티브의 유형	47
〈표 3-1〉 그린인프라 계획 및 설계사례 대상지 개요	52
〈표 3-2〉 그린인프라 계획 및 설계사례 종합분석표	55
〈표 3-3〉 그린인프라 계획 및 설계사례에 적용된 그린인프라 기술요소 분석	59
〈표 3-4〉 도시 물순환 관리를 위한 그린인프라 기술요소 도출	60
〈표 4-5〉 용산공원 설계 국제공모 지명 초청팀 출품작 개요	72
〈표 4-6〉 용산공원 설계 국제공모 출품작 그린인프라 전략 분석내용	73
〈표 4-7〉 ‘Healing: The Future Park Yongsan Park, Korea’ 그린인프라 전략	74
〈표 4-8〉 ‘Yongsan Park: New Public Relevance’ 그린인프라 전략	75

〈표 4-9〉 ‘Openings Seoul’s New Central Park’ 그린인프라 전략	76
〈표 4-10〉 ‘Yongsan Park Towards Park Society’ 그린인프라 전략	77
〈표 4-11〉 ‘Multipli-City’ 그린인프라 전략	78
〈표 4-12〉 ‘Sacred Presence: Countryside in Citycenter’ 그린인프라 전략	79
〈표 4-13〉 ‘Yongsan Madangs’ 그린인프라 전략	81
〈표 4-14〉 ‘Connecting Tapestries from Ridgeline to River’ 그린인프라 전략	82
〈표 4-15〉 용산공원 설계 국제공모 출품작 그린인프라 전략 종합분석	84

그 림 목 차

〈그림 1-1〉 연구흐름도	7
〈그림 2-2〉 그린인프라의 강우 처리 기본개념도	24
〈그림 2-3〉 회색인프라(좌)와 그린인프라(우)의 강우처리방식 비교 다이어그램 ...	29
〈그림 2-4〉 강우처리 방식에 따른 그린인프라의 유형 분류	30
〈그림 2-5〉 그린인프라(곡선)과 회색인프라(직선) 편익 비교 다이어그램	33
〈그림 2-6〉 그린인프라의 유형에 따라 제공하는 다차원적 편익 다이어그램	37
〈그림 2-7〉 그린인프라 조성을 위한 정책수단	39
〈그림 2-8〉 서울시청 서소문 별관 지붕저류 조성 후 이미지	43
〈그림 3-1〉 시드웰 프렌즈 학교 강우처리과정 다이어그램	63
〈그림 3-2〉 테일러28 그린스트리트 강우처리과정 다이어그램	64
〈그림 3-3〉 크레스지 재단 본사 강우처리과정 다이어그램	65
〈그림 3-4〉 춘리 빗물 공원의 설계 개념도(좌) 및 조성 후 전경(우)	66
〈그림 3-5〉 사우스웨스트 12번 애비뉴 그린스트리트 강우유출수 처리과정	67
〈그림 3-6〉 캘리포니아 과학 아카데미 옥상녹화 식재상자(좌) 및 조성 후(우)	68
〈그림 3-7〉 마운트 타보 중학교 레인가든 강우유출수 처리과정	68
〈그림 4-1〉 용산공원 수공간을 활용한 수질정화시스템 다이어그램	89
〈그림 4-2〉 필터테라스를 활용한 수질정화과정 다이어그램	89

〈그림 4-3〉 바이오필터를 활용한 수질정화과정 다이어그램	90
〈그림 4-4〉 용산공원 내 회복된 자연배수체계 다이어그램	91
〈그림 4-5〉 용산공원 내 복원된 습지지역 경관이미지	91
〈그림 4-6〉 용산공원 내 복원된 만초천 수질정화시스템 다이어그램	92
〈그림 4-7〉 용산공원 내 복원된 만초천 친수활동 경관이미지	93
〈그림 4-8〉 용산공원 내 하천의 수질정화과정 경관이미지	93
〈그림 4-9〉 용산공원 내 복합적 활용을 위한 습지지역 경관이미지	94
〈그림 4-10〉 용산공원 내 만초천 복원 변화과정 다이어그램	95
〈그림 4-11〉 용산공원 내 복원된 만초천 강우시 경관이미지	95
〈그림 4-12〉 용산공원 내 토지이용별 적용가능한 그린인프라 기술요소 다이어그램	96
〈그림 4-13〉 용산공원 내 그린인프라 빗물침투·저장과정 다이어그램	97
〈그림 4-14〉 용산공원 도시 하이드로-토프 전략 다이어그램	97
〈그림 4-15〉 용산공원 내 저류지로서 주차장 다이어그램	98
〈그림 4-16〉 용산공원 내 다양한 수공간 다이어그램	98
〈그림 4-17〉 용산공원 내 저류연못 강우시 경관이미지	99

제1장 서론

제1절 연구 배경 및 목적

최근 기후변화에 따른 강우패턴의 변화와 도시화로 인한 불투수층의 증가로 인해 도시홍수와 침수피해가 증가하고 있다. 국내에서도 이에 예외가 아닌 듯 여러 매체를 통해 보도된 바와 같이 2010년 9월 21일 추석에 폭우로 인해 물에 잠겼던 광화문 일대가 2011년 7월 27일에는 시간당 최대 113mm의 집중호우로 또다시 침수되어 도로가 통제되는 등 시민들에게 극심한 교통체증의 피해를 주었다. 이러한 침수피해는 광화문 일대 뿐 아니라 강남역, 사당역, 올림픽대로 진입로 등 서울시 곳곳에서 발생하였다. 하지만 이러한 집중호우로 인한 도시홍수와 침수피해는 기후변화로 인한 강우강도와 빈도의 증가로 인해 늘어날 전망이다.¹⁾

이에 서울시는 양천구 신월지역, 사당역 일대 등 상습침수지역 7곳 지하에 수천억이 소요되는 대심도 배수관을 설치하는 사업을 추진하였고, 신월동 지역일대가 우선적으로 선정되었다.²⁾ 광화문 일대에도 대심도 빗물배수터널의 건설을 발표하였지만, 재원 등의 문제로 이를 취소하고 지난해 2012년 8월 19일 지자체에서는 처음으로 광화문 일대에 침수를 저감시키기 위해 도로변에 레인가든을 조성하기로 하였다. 또한 지난 2013년 4월 29일에는 서울시청 서소문 별관에 지붕저류를 설치함으로써 집중호우 시 빗물을 옥상에 저류하여 배수시설로의 유출량을 지연시킬 수 있는 지붕저류 시범사업을 발표하였다.³⁾

이와 함께 서울시는 최근 2013년 10월 14일에 도시화로 인한 침수피해의 증가, 열섬 현상의 악화, 지하수위 저하 등 도시 물순환의 왜곡으로 인한 문제점을 해결하기 위해 빗

1)L Kamal-Chaoui and Alexis Robert, "Competitive Cities and Climate Change," in OECD Regional Development Working Papers (eds.), (Retrieved from www.oecd.org/gov/regional/workingpapers, 2009), pp. 63-79.

2)김재홍, "서울 '상습 침수' 7곳에 대형 배수터널 심는다" 『동아일보』 (2011년 10월 18일).

3)서울시 도시안전실 물관리정책과, "서소문청사 옥상에 빗물 담는 'Blue roof' 만든다," 『서울시 보도자료』 (2013년 4월 29일).

물 침투와 저류시설을 도입하는 등 개발로 인한 물순환 왜곡을 최소화하기 위해 「빗물 관리에 관한 조례」 전부개정안에 관한 공청회를 개최하였고,⁴⁾ 2013년 12월 20일에 이를 수정가결 처리하여 2014년 2월 9일부터 시행예정에 있다. 2013년 10월 7일에는 서울시의 급격한 도시화에 의한 물순환 왜곡의 문제점을 해결하기 위하여 장기적 기본계획인 「건강한 물순환도시 조성 종합계획」을 수립하고, 2050년까지 연 평균 강우량의 40퍼센트인 620mm를 저류하고 침투하여 관리해 나간다는 목표를 설정하였다.⁵⁾

이처럼 최근 국내에서는 도시의 물관리에 있어서 하수관거 확장, 빗물펌프장 증설, 또는 대심도배수터널 설치 등과 같은 중앙집중식의 물관리 시스템에서 진일보하여 물순환을 회복하기 위한 분산식 물관리 시스템으로 변화를 도모하고 있다. 북미의 경우에도 미국을 중심으로 지속가능한 도시의 물순환 관리를 위한 대안적 방안으로서 그린인프라스트럭처(Green Infrastructure: 이후 본문에서는 약어인 ‘그린인프라’로 표기한다)를 활발하게 논의하고 이를 실행하고 있다.

이에 본 연구에서는 최근 미국을 중심으로 활발하게 논의되고 있는 도시 물순환 관리 전략으로서 그린인프라의 개념, 유형, 편익 등의 이론적 고찰을 수행하고, 미국환경보호청에서 그린인프라 실행에 있어 가장 선도적인 도시로 선정한 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀의 그린인프라 정책을 분석하고자 한다. 이를 토대로 최근 도시 물순환 회복을 위해 국내에서 다양한 정책을 수행하고 있는 서울시의 그린인프라 관련 정책과 비교분석하여 정책적 시사점을 도출하고자 한다. 또한 실제적으로 다양한 그린인프라가 조성되고 있는 해외의 그린인프라 계획 및 설계사례를 분석하여 그린인프라 기술요소와 계획 및 설계전략을 도출하고자 한다. 상기한 연구들을 토대로 국내에서 최초로 국가공원으로 조성되고 있는 용산공원 설계 국제공모전에 제출된 출품작들의 그린인프라 전략을 분석하고 향후 조성될 용산공원에 적합한 그린인프라 전략을 도출하여 국내 공원설계분야에서 그린인프라의 적용가능성을 검토하고자 한다.

4)서울특별시, 『서울특별시 빗물관리에 관한 조례 전부개정 조례(안)』 공청회 자료집 (서울: 서울특별시, 2013), pp. 4-21.

5)서울시 도시안전실, 『건강한 물순환 도시 조성 종합계획 보고서』 (서울: 서울특별시, 2013), p. 9.

제2절 연구 범위 및 방법

1. 연구의 범위

본 연구의 범위는 첫째, 최근 지속가능한 도시 물순환 관리 전략으로서 그린인프라에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있는 미국의 이론적 내용을 중심으로 그린인프라 개념, 유형, 편익에 관한 이론적 내용을 고찰한다.

둘째, 도시의 물순환 관리 전략으로서 미국에서 가장 선도적인 그린인프라 정책을 실행하고 있는 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀의 그린인프라 정책을 분석하고, 이를 토대로 최근 도시 물순환 회복을 위해 국내에서 가장 다양한 정책을 수행하고 있는 서울시의 그린인프라 관련 정책과 비교분석하여 정책적 시사점을 도출한다.

셋째, 선도적인 그린인프라 정책과 함께 실질적으로 다양한 그린인프라 프로젝트를 조성하고 있는 미국의 주요도시와 최근 도시 물순환 관리를 위한 주요한 프로젝트를 수행한 중국, 싱가포르의 조정계획 및 설계사례를 분석하여 그린인프라 기술요소와 계획 및 설계전략을 도출한다.

넷째, 국내 최초로 국가공원으로 조성되고 있는 용산공원을 대상으로 2012년 4월 용산공원 설계 국제공모에 제출된 8개의 출품작의 그린인프라 전략을 분석하고 이를 토대로 향후 조성될 용산공원과 주변 도시지역의 물순환 회복을 위해 적합한 그린인프라 전략을 도출한다.

2. 연구의 내용 및 방법

(1) 그린인프라스트럭처 이론적 고찰

그린인프라와 관련된 국내외 서적, 보고서, 논문 등을 중심으로 도시 물순환 관리로서 그린인프라의 개념, 유형, 편익에 대한 문헌적 연구를 수행하고자 한다. 첫째, 그린인프라의 개념은 그린인프라의 본래적 의미인 공원녹지 네트워크로서 그린인프라와 최근 미국을 중심으로 활발하게 논의되고 있는 도시 물순환 관리로서 그린인프라에 대한 개념으로 나누어서 살펴보고자 한다. 둘째, 그린인프라 유형은 레인가든, 옥상녹화, 투수성포장 등 적용기법에 따른 그린인프라의 유형과 침투, 저류, 저장, 여과 등의 강우처리방식에 따

른 그린인프라의 유형으로 나누어서 살펴보고자 한다. 셋째, 그린인프라 편익은 그린인프라가 제공하는 사회적, 경제적, 환경적 편익 등의 다차원적이고 지속가능한 편익에 대하여 살펴보고자 한다.

〈표 1-1〉 그린인프라 개념, 유형, 편익 분석내용

	그린인프라 개념	그린인프라 유형	그린인프라 편익
분 석 내 용	<ul style="list-style-type: none"> · 그린인프라의 정의 · 그린인프라의 원리 · 그린인프라의 유사개념: LID, 자연배수시스템, SuDS 	<ul style="list-style-type: none"> · 도시차원: 빗물(습지)공원, 수변(저류지)공원 등 · 단지차원: 레인가든, 인공습지, 생태저류지, 투수성포장 등 · 부지차원: 옥상녹화, 지붕저류, 빗물저장시설 등 · 가로차원: 강우플랜터, 커브익스텐션, 식생수로 등 	<ul style="list-style-type: none"> · 경제적 편익: 도시침수저감, 에너지절감, 자산상승 등 · 환경적 편익: 비점오염저감, 대기오염저감, 열섬현상완화, 수질보호 등 · 사회적 편익: 건강향상, 삶의 질 향상 등

(2) 그린인프라스트럭처 정책분석

도시 물순환 관리에 있어 미국환경보호청(U.S. Environmental Protection Agency)에서 제시한 북미에서 가장 다양하고 선도적인 그린인프라 정책을 실행하고 있는 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀을 대상⁶⁾으로 2000년대 초부터 최근까지 각 시정부에서 발간하고 홈페이지에 공개한 보고서, 발표자료, 보도자료 등을 활용하여 그린인프라 조례와 규정, 시범사업, 교육 및 지원활동, 인센티브, 재정전략 등의 그린인프라 정책을 분석한다. 이를 토대로 최근 국내에서 그린인프라 조성⁷⁾에 있어 가장 적극적인 정책을 수립하고 있는 서울시의 그린인프라 관련 정책과 비교분석하여 정책적 시사점을 제시한다.

〈표 1-2〉 그린인프라 정책 분석내용

	사례지역	구체적 내용
분 석 내 용	<ul style="list-style-type: none"> · 필라델피아 · 포틀랜드 · 시애틀 · 서울시 	<ul style="list-style-type: none"> · 그린인프라 조례 및 규정 · 그린인프라 시범사업 · 그린인프라 교육 및 지원활동 · 그린인프라 인센티브 · 그린인프라 재정전략

6) 미국환경보호청에서 2010년 8월에 발간한 북미에 12곳의 주요도시를 대상으로 그린인프라 정책에 관해 조사한 보고서 *Green Infrastructure Case Studies: Municipal Policies for Managing Stormwater with Green Infrastructure*에 따르면 포틀랜드, 시애틀, 필라델피아 세도시가 가장 다양하고 선도적인 그린인프라 정책을 수행하고 있는 것으로 조사되었다.

(3) 그린인프라스트럭처 계획 및 설계사례분석

그린인프라 계획 및 설계사례 분석을 위하여 먼저, 조정계획 및 설계 관련 서적, 수장작, 잡지, 인터넷자료 등의 문헌자료를 활용하여 그린인프라 계획 및 설계사례를 선정하고, 선정된 사례들의 보고서, 설명자료, 도면자료, 사진자료 등을 활용하여 사례분석을 실시한다. 이를 토대로 도시 물순환을 위한 그린인프라 기술요소와 계획 및 설계전략을 도출한다.

선정된 그린인프라 계획 및 설계사례는 그린인프라 조성에 있어서 다양한 정책을 수행하고 있는 포틀랜드, 시애틀 등 미국의 주요도시와 도시 물순환 회복에 있어 최근 조정설계분야에서 두각을 나타내고 있는 중국, 싱가포르에서 수행된 그린인프라와 관련된 조정계획 및 설계작품을 대상으로 하였다. 선정된 그린인프라 계획 및 설계사례의 대상지는 도심지 가로 녹지공간을 리모델링한 소규모의 강우플랜터, 학교주차장을 리모델링해 조성된 레인가든, 중소규모의 식생수로, 강우연못, 침투트렌치, 인공습지 등의 다양한 그린인프라 요소가 적용된 주거단지, 직선형의 콘크리트 수로를 자연형 하천으로 복원한 대규모의 하천복원 프로젝트, 신도시를 개발하며 훼손된 습지를 복원한 빗물공원 프로젝트 등 다양한 토지이용에 다차원적 스케일의 그린인프라가 적용된 대상지를 선정하였다.

〈표 1-3〉 그린인프라 계획 및 설계사례 대상지 개요

분류		프로젝트명	위치	면적(m ²)	완공시기
도시차원	1	테너 스프링스 공원	포틀랜드, 미국	4,000	2010
	2	춘리 빗물 공원	하얼빈, 중국	340,000	2010
	3	칼랑 강 비산 공원	싱가포르	520,000	2012
단지차원	4	크레스지 재단 분사	트로이, 미국	11,047	2005
	5	하이포인트 주거단지	시애틀, 미국	485,600	2009
부지차원	6	마운트 타보 중학교 레인가든	포틀랜드, 미국	372	2006
	7	시드웰 프렌즈 학교 인공습지	워싱턴 D.C., 미국	6,710	2006
	8	캘리포니아 과학 아카데미	샌프란시스코, 미국	10,117	2008
가로차원	9	시스키유 그린스트리트	포틀랜드, 미국	55	2003
	10	사우스웨스트12번 애비뉴 그린스트리트	포틀랜드, 미국	253	2005
	11	테일러28 그린스트리트	시애틀, 미국	14,864	2009

(4) 그린인프라스트럭처 국내 적용성 검토

그린인프라의 국내 적용성을 검토하기 위해 국내 최초로 국가공원으로 조성 중에 있는 용산공원을 대상으로 2012년 용산공원 설계 국제공모에 출품된 8개의 설계안들이 제시한 그린인프라 설계전략을 분석한다. 이를 위해 공모전에 제출된 설계설명서(영문)와 패널(영문)을 활용하여 설계안에서 제시한 수체계, 수순환, 수질정화, 빗물침투, 빗물이용, 홍수예방 등 6가지의 그린인프라 설계전략을 분석하고 이를 보여주는 텍스트, 이미지, 다이어그램 등을 도출한다. 이를 토대로 향후 조성될 용산공원과 주변 도시지역의 물순환 회복을 위해 적합한 그린인프라 전략을 도출한다.

〈표 1-4〉 용산공원 설계 국제공모 출품작 그린인프라 전략 분석내용

분류	분석내용
수체계	공원 내에 호, 연못, 습지 등 다양한 수공간의 배치와 이들을 연결하는 하천, 수로, 내 등 공원에 조성된 다양한 물길의 배치 등 수체계에 관련된 구체적인 전략
수순환	수체계에 제시된 다양한 수공간과 물길의 유지용수를 공급하기 위한 수원(水原)공급과 유지용수의 배출 등 공원 내 수순환에 관련된 구체적인 전략
수질정화	공원 내에서 발생하는 강우유출수를 공원 내 다양한 수공간에 식재된 수생식물과 식생수로, 레인가든 등의 녹지공간을 통해 자연적이고 생태적인 방식으로 정화하는 수질정화에 관련된 구체적인 전략
빗물침투	공원 내에서 발생하는 강우유출수를 지반으로 침투할 수 있는 레인가든, 강우플랜터, 식생수로, 침투트렌치, 투수성포장 등의 침투형 녹지공간과 침투시설 등에 관련된 구체적인 전략
빗물이용	공원 내에서 발생하는 강우유출수를 빗물저장시설에 저장하여 공원 내 건물의 시설용수, 관개용수, 유지용수 등에 활용하는 우수활용에 관련된 구체적인 전략
홍수예방	집중호우 시 공원 내에서 발생하는 강우유출수를 저장, 저류 할 수 있는 저류지, 우수지 등 홍수예방과 관련된 구체적인 전략

(5) 연구흐름도

본 논문은 첫째, 그린인프라의 개념, 유형, 편익, 정책 등을 고찰하는 이론적 고찰을 수행한다. 둘째, 이론적 고찰의 내용을 토대로 해외의 도시 물순환 관리를 위한 그린인프라 계획 및 설계사례를 선정하고 분석하여, 그린인프라의 기술요소와 계획 및 설계전략을 도출한다. 셋째, 이를 토대로 도시 물순환 관리를 위한 그린인프라스트럭처의 국내 적용성 검토를 위해 국내 최초로 국가공원으로 조성되고 있는 용산공원을 대상으로 2012년 4월에 시행된 용산공원 설계 국제공모에 제출된 출품안들의 그린인프라 전략을 분석하고

향후 조성될 용산공원과 주변 도시지역의 물순환 회복을 위해 적합한 그린인프라 전략을 도출한다.



〈그림 1-1〉 연구흐름도

제3절 연구사

도시 물순환 관리의 초기 개념으로 국내에서는 1990년대 후반부터 연구되기 시작한 분산식 빗물관리에 관한 연구, 분산식 빗물관리의 발전된 개념으로 2000년대 중후반부터 연구되고 있는 저영향개발에 관한 연구, 분산식 빗물관리와 저영향개발을 포괄하는 개념으로 최근 논의가 시작되고 있는 그린인프라에 관한 연구, 그리고 옥상녹화, 레인가든, 인공습지, 투수성포장 등 도시 물순환 관리를 위한 개별적 기술요소에 관한 국내 연구를 중심으로 살펴보았다.

1. 분산식 빗물관리에 관한 연구

도시 물순환 관리의 초기 개념으로 국내에서는 1990년대 후반부터 분산식 빗물관리의 계획모형 개발과 적용, 입지선정, 설계지침 등에 관한 연구가 있다.

분산식 빗물관리 시설 및 설계지침, 사례와 관련하여 권경호(1999)는 유출수를 일시 저류, 침투시키는 기능을 하는 자연배수체계로서 잔디도랑과 우수녹지의 설계지침을 개발하고 이를 주거단지와 조경설계부지에 적용하여 검토하였다. 이태구, 한영해(2003)는 분산식 우수관리에 대한 개념 정의, 관련시설의 특성, 국내외 관련 동향을 고찰하고 분당신도시를 대상으로 빗물침투, 저류시설의 설치조건 및 가능성을 분석, 고려해야할 인자들을 추출하여 분산식 우수관리방안의 가능성을 검토하였다. 한무영 외(2009)는 우리나라의 물 문제 해결하기 위해 우리나라의 물관리 여건을 파악하고 우리나라 물관리 문제의 해결방안을 위한 사례로서 분산형 빗물저류시설, 침투시설, 스타시티 빗물이용시설, 일본의 사례를 제시하였다.

분산식 빗물관리 제도와 관련하여 이태구 외(2002)는 독일의 지구상세계획 차원에서 친환경적인 우수관리 내용을 분석하고 이를 규정하는 법적 근거를 분석하였으며 이를 토대로 우리나라의 지구단위계획 제도를 분석하고, 지구단위계획상에 적용할 수 있는 방안 제시하였다. 한영해, 이태구(2006)는 한국과 독일의 분산식 빗물관리 관련 제도를 분석하고 이를 바탕으로 우리나라 공간계획상의 분산식 빗물 관리의 발전방향을 제시하였다.

분산식 빗물관리 계획과 관련하여 한영해(2005)는 개발로 인한 수문변화를 최소화하고 자연적인 물순환 체계를 회복하기 위한 목적으로 공동주택단지에 적용가능한 분산식

빗물관리 계획모형을 개발하였다. 최희선(2007)은 신도시 개발에 생태적으로 다양한 기능을 수반할 수 있는 습지조성입지를 위한 선정모형을 개발하고, 송파 거여 신도시 개발에 정지역에 적용하였다. 김효민, 김귀곤(2012)은 빗물관리체계 요소로서 집수, 침투, 여과, 저류, 이동 공간의 5가지 항목을 도출하고, 이를 토대로 각 요소별 입지선정 항목 및 기준을 설정하였다.

〈표 1-5〉 분산식 빗물관리에 관한 연구

저자	제목	내용
권경호 (1999)	유출수 저류·침투를 위한 자연배수체계 설계 지침에 관한 연구	유출수를 일시 저류, 침투시키는 기능을 하는 자연배수체계로서 잔디도랑과 우수녹지의 설계지침을 개발하고 이를 주거단지와 조경설계부지에 적용하여 검토.
권경호, 안동만 (2000)	토성별 특정 수심의 저류된 유출수의 지하침투 소요시간 산정에 관한 연구	잔디 도랑과 우수녹지에 일정 수위로 저류된 빗물이 토양을 통해 침투되는데 소요되는 시간은 모기발생, 식물생육에 영향을 미침. 토성별 침투 소요 시간을 산출하기 위해 전산해석을 이용하여 Green Ampt 방정식의 해를 구함.
이태구 외 2인 (2002)	친환경적 우수관리를 위한 지구단위계획에서의 적용 방안 연구	독일의 지구상세계획 차원에서 친환경적인 우수관리 내용을 분석하고 이를 규정하는 법적 근거를 분석. 이를 토대로 우리나라의 지구단위계획 제도를 분석하고, 지구단위계획상에 적용할 수 있는 방안 제시.
이태구, 한영해 (2003)	분산식 우수관리의 개념과 국내에서의 적용방안	분산식 우수관리에 대한 개념 정의, 관련시설의 특성, 국내외 관련 동향을 고찰하고 분당신도시를 대상으로 빗물침투, 저류시설의 설치조건 및 가능성을 분석, 고려해야 할 인자들을 추출하여 분산식 우수관리방안의 가능성을 검토.
한영해 (2005)	도시 주거지역에서의 분산식 빗물관리 계획모형 개발	개발로 인한 수문변화를 최소화하고 자연적인 물관리 체계를 회복하기 위한 목적으로 공동주택단지에 적용가능한 분산식 빗물관리 계획모형을 개발.
한영해, 이태구 (2006)	한국과 독일의 분산식 빗물관리를 위한 제도를 비교연구	한국과 독일의 분산식 빗물관리 관련 제도를 분석하고 이를 바탕으로 우리나라 공간계획상의 분산식 빗물 관리의 발전 방향을 제시.
최희선 (2007)	물관리형 생태도시를 위한 유역차원의 습지조성 입지 선정에 관한 연구	신도시 개발에 생태적으로 다양한 기능을 수반할 수 있는 습지조성입지를 위한 선정모형을 개발하고, 송파 거여 신도시 개발예정지역에 적용.
한무영 외 2인 (2009)	다목적이고 적극적인 빗물관리에 의한 기후변화 적응방안과 국내 사례	우리나라의 물문제 해결하기 위해 우리나라의 물관리 여건을 파악하고 우리나라 물관리 문제의 해결방안을 위한 사례로서 분산형 빗물저류시설, 침투시설, 스타시티 빗물이용시설, 일본의 사례를 제시.

김효민, 김귀곤 (2012)	도시차원의 빗물관리체계 요소별 입지선정에 관한 연구	빗물관리체계 요소로서 집수, 침투, 여과, 저류, 이동 공간 의 5가지 항목을 도출하고, 이를 토대로 각 요소별 입지선 정 항목 및 기준을 설정.
이정민, 김종림 (2012)	녹색도시 물관리 계획요소 및 수문순환 모의에 관한 연구	녹색도시 개념의 검토, 기존의 연구를 바탕으로 도시 및 단 지수준에 적합한 물관리 계획요소를 검토하고 SWMM5-LID 수문모형을 이용하여 시범유역에 물관리 효과를 분석.

2. 저영향개발에 관한 연구

분산식 빗물관리의 발전된 개념으로 국내에서는 2000년대 중후반부터 저영향개발의 개념 및 사례연구, 국내적용과 수문모델에 의한 강우유출 저감효과, 수문모형개발 등에 관한 연구가 진행되고 있다.

주거단지의 저영향개발 적용에 따른 강우유출 저감효과의 수문모델 분석과 관련하여 박준호 외(2008)는 춘천 거두 1 지구 지역에 SWMM(Storm Water Management Model)을 이용하여 도시화 이전, 기존 도시 개발 방법에 의한 도시개발 이후, 그리고 저영향개발 개념의 적용에 따른 도시개발 후로 나누어 각각의 토지이용 패턴의 변화에 따른 유출 특성을 모의 분석하였다. 김정진 외(2011)는 용인시 모현지역을 대상으로 식생저류지, 인공습지, 습식연못 등 구조적 BMPs(Best Management Practices)의 저영향개발 적용을 위한 용량 및 면적을 설계하고 수문모델 적용을 통해 도시개발전과 BMPs 적용 전·후의 도시개발에 따른 유출량 및 비점오염원 배출부하량 저감효과와 비용대비 저감효과를 분석하였다. 이정민 외(2011)는 아산신도시 저탄소 녹색마을 시범지구에 대하여 개발 전·후 그리고 개발 후 저영향개발 빗물관리시설 설치계획에 따른 효과에 대해 수문모델을 사용하여 수문학적인 분석을 수행하였다. 배채영 외(2012)는 인천구월 보금자리주택 개발사업지구를 대상으로 저영향개발 적용 전·후의 지표유출량 변화를 모형을 이용하여 정량적으로 분석하고, RCP(Representative Concentration Pathways) 시나리오를 이용하여 미래의 기후에 대한 유출을 분석하였다.

저영향개발의 설치위치 및 수문모형개발에 관해서 이정훈 외(2012)는 최근 10년간의 기상자료의 통계분석을 통하여 대표강우사상을 선정하고 이에 해당하는 강우사상 발생시에 강우유출수 및 비점오염원의 유출을 모의하는 모형을 제안하고 이를 통하여 소규모 분산형 저영향개발 시설의 효율을 정량화하고 최적설치위치 도출하였다.

기존 도시지역의 저영향개발 적용에 따른 강우유출 저감효과의 수문모델 분석과 관련하여 최희선 외(2010)은 수변지역을 대상으로 도시재생 시 저영향개발을 적용할 수 있는 방안을 마련하기 위해 사례지역을 선정하여 계획기법을 적용하고 수문모델을 통해 적용에 따른 효과를 도출하여 정책적 시사점을 제시하였다.

〈표 1-6〉 저영향개발에 관한 연구

저자	제목	내용
박준호 외 7인 (2008)	SWMM을 이용한 춘천 거두 1지구의 LID 개념 적용으로 인한 유출 감소 특성 분석	춘천 거두 1 지구 지역에 SWMM을 이용하여 도시화 이전, 기존 도시 개발 방법에 의한 도시개발 이후, 그리고 LID 개념의 적용에 따른 도시개발 후로 나누어 각각의 토지이용 패턴의 변화에 따른 유출 특성을 모의 분석.
최희선 외 2인 (2010)	수변지역 도시재생에 있어 저영향개발기법(LID)의 적용 방안 및 효과	수변지역을 대상으로 도시재생 시 LID를 적용할 수 있는 방안을 마련하기 위해 사례지역을 선정하여 계획기법을 적용하고 LIDMOD2모델을 통해 적용에 따른 효과를 도출하여 정책적 시사점을 제시.
김정진 외 3인 (2011)	저영향개발(LID)적용을 위한 구조적 BMPs의 유출량 및 비점오염저감 효과모의: LIDMOD2 적용	도시개발중인 용인시 모현지역을 대상으로 식생저류지, 인공습지, 습식연못을 포함한 구조적 BMPs의 LID 적용을 위한 용량 및 면적을 설계하고 LIDMOD2 적용을 통해 도시개발전과 BMP 적용 전·후의 도시개발에 따른 유출량 및 비점오염원 배출부하량 저감효과와 비용대비 저감효과를 분석.
이정민 외 5인 (2011)	SWMM-LID를 이용한 저탄소 녹색마을의 LID-분산형 빗물관리 계획에 따른 물관리 효과 분석	아산신도시 저탄소 녹색마을 시범지구에 대하여 개발 전·후 그리고 개발 후 LID 빗물관리시설 설치계획에 따른 효과에 대해 SWMM-LID 모형을 사용하여 수문학적인 분석을 수행.
이정훈 외 4인 (2012)	비점오염원 저감 LID 시설의 최적설치위치 결정 및 효율 정량화를 위한 분포형 수문 모형의 개발	이에 해당하는 강우사상 발생시에 강우유출수 및 비점오염원의 유출을 모의하는 모형을 제안. 이를 통하여 소규모 분산형 LID 시설의 효율 정량화하고 최적설치위치 도출.
배채영 외 4인 (2012)	저영향개발(LID)적용에 따른 도시지역 유출 분석	인천구월 보금자리주택 개발사업지구를 대상지로 선정하여 LID 적용 전·후의 지표유출량 변화를 모형을 이용하여 정량적으로 분석하고, RCP시나리오를 이용하여 미래의 기후에 대한 유출을 분석.

3. 그린인프라스트럭처에 관한 연구

도시 물순환 관리에 있어 분산식 빗물관리와 저영향개발을 포괄하는 개념으로 국내에서는 2000년대 후반부터 기후변화로 인한 물관리, 홍수저감 등을 위한 그린인프라의 조

성 기준, 적용방안, 정책수단 등에 관한 연구가 시작되고 있다.

그린인프라의 조성기준과 적용방안에 관련하여 장수환(2009)은 신도시 개발사업에 있어서의 물관리 건전성 확보를 위한 그린인프라 조성 기준을 제안하였다. 송교욱 외(2012)는 부산의 에코델타시티 신도시 개발에 있어 그린인프라 구축방안을 제시하였다. 강정은 외(2011)는 현행 그린인프라 정책을 점검하고 그린인프라의 홍수저감효과에 초점을 맞추어 그린인프라의 방재효과를 실증적으로 확인하고 그린인프라의 방재효과를 제고하기 위한 계획 방법론을 검토 및 제안하였다. 또한 강정은 외(2012)는 기후변화로 심화되는 홍수, 열환경, 대기오염으로부터 발생하는 피해를 줄이고 다양한 환경적, 사회적, 경제적 효과를 지닌 그린인프라 구축 및 활성화를 위한 한국형 그린인프라 계획모형을 제안하고 이를 사례지역에 적용하였다.

그린인프라의 정책 및 사례연구와 관련하여 김승현(2012)은 기후변화로 인한 폭우와 집중호우의 증가, 이로 인한 도시홍수 및 침수피해에 대한 자연친화적이고 비용효과적인 대응방안으로 녹색기반시설의 개념, 구성요소, 계획 및 조성사례, 효과 및 경제성 추정에 대한 해외의 사례연구를 수행하였다. 박재철 외(2012)는 녹색 인프라 구축에 관한 미국의 사례와 국내의 상황의 분석을 통하여 녹색 인프라를 구성하는 40개의 항목을 추출하였고, 국내에 적용 가능한 녹색 인프라 구축 정책수단을 제시하였다.

〈표 1-7〉 그린인프라스트럭처에 관한 연구

저자	제목	내용
장수환 (2009)	신도시의 물관리 건전화를 위한 그린인프라 조성 기준에 대한 연구	신도시 개발사업에 있어서의 물관리 건전성 확보를 위한 그린인프라 조성 기준을 제안.
강정은 외 4인 (2011)	기후변화 적응형 도시 리뉴얼 전략 수립: 그린인프라의 방재효과 및 적용 방안	현행 그린인프라 정책을 점검하고 그린인프라의 홍수저감효과에 초점을 맞추어 그린인프라의 방재효과를 실증적으로 확인하고 그린인프라의 방재효과를 제고하기 위한 계획 방법론을 검토 및 제안.
강정은 외 6인 (2012)	기후변화 적응형 도시구현을 위한 그린인프라 전략 수립	기후변화로 심화되는 홍수, 열환경, 대기오염으로부터 발생하는 피해를 줄이고 환경적, 사회·경제적으로 다양한 효과를 지닌 그린인프라 구축 및 활성화를 위한 한국형 그린인프라 계획모형을 제안하고 이를 사례지역에 적용.
김승현 (2012)	녹색기반시설에 의한 도시 강우유출 저감방안 연구	기후변화로 인한 폭우와 집중호우의 증가, 이로 인한 도시홍수 및 침수피해에 대한 자연친화적이고 비용효과적인 대응방안으로 녹색기반시설의 개념, 구성요소, 계획 및 조성사례, 효과 및 경제성 추정에 대한 해외의 사례연구를 수행.

박재철 외 2인 (2012)	녹색 인프라 구축을 위한 정책	녹색 인프라 구축에 관한 미국의 사례와 국내의 상황의 분석을 통하여 녹색 인프라를 구성하는 40개의 항목을 추출하였고, 국내에 적용 가능한 녹색 인프라 구축 정책수단을 제시.
송교욱 외 2인 (2012)	델타에코시티 그린인프라 구축방안	부산의 에코델타시티 신도시 개발에 있어 그린인프라 구축방안을 제시.

4. 도시 물순환 관리 기술요소에 관한 연구

분산식 빗물관리, 저영향개발, 그린인프라 등 도시 물순환 관리를 위한 개별적 기술 요소로서 2000년대 초반부터 연구된 옥상녹화의 강우유출량 저감효과 분석에서부터 최근의 레인가든, 인공습지, 가로수저류침투시설 등의 기술개발과 강우유출 및 비점오염 저감 효과에 관한 연구 등이 진행되고 있다.

옥상녹화에 관한 연구로서 한무영 외(2003)는 소규모의 저관리·경량형의 Pilot 규모의 옥상녹화 시스템을 설치하여 2003년 5월부터 6월까지의 7번의 강우사상에 따른 유출저감 효과를 측정하여 옥상녹화시스템의 우수저장효과 및 유출 특성과 유출수의 수질변화 측정하였다. 이동근 외(2006)은 옥상녹화 조성시 토심과 식생유무에 따라 우수유출량 저감 효과를 분석하기 위해 토심(10, 15, 20cm)을 중심으로 옥상녹화 실험구를 조성하여 우수유출량을 측정하였다. 이은희 외(2011)는 서울여자대학교에 실제로 조성된 옥상녹화의 우수유출량을 분석하여 옥상녹화가 우수의 유출량 저감 및 유출시간 지연에 효과적임을 보여주었다.

레인가든에 관한 연구로서 김선미, 이인성(2007)은 레인가든의 환경적 의의와 조성방법, 빗물로부터 하천을 보호하기 위한 미국의 관련 규정을 고찰하고 레인가든의 효과에 대하여 검토하였다. 이주영 외(2009)는 강우시 주택단지에서 유출되는 비점오염원에 대응하는 외국의 생물저류지 설치 사례와 국내 연구사례의 소개하고 실험을 통해 비점오염저감효과 측정하였다. 강창수, 성기준(2012)은 레인가든의 식재 식생에 따른 강우유출 감소와 및 지연 효과를 실험적 연구를 통하여 제시하였다.

투수성포장에 관한 연구로서 이춘석 외(2008)은 현재 국내에서 생산 적용되고 있는 대표적인 투수성 포장재를 대상으로 강우 시 발생하는 표면유출 특성을 실험을 통하여 비교 분석하여 각 포장면에서 발생하는 표면 유출을 중심으로 강우 초기의 유출지연 및 저

감효과 분석하였다. 이정민 외(2010)는 실험에 의한 차도용 투수성 포장의 처짐량과 투수 계수를 분석하고, 투수계수를 시험유역에 적용하여 단지내 차도용 투수성 포장의 설치에 따른 물관리 개선효과 및 유출 양상을 분석하였다.

침투도랑에 관한 연구로서 이정용 외(2010)는 강우시 발생하는 비점오염물질 처리를 위한 저류 및 침투기능을 포함하는 한국형 비점오염저감시설인 Eco-Bio Filter(EBF)를 개발하기 위하여 EBF시설의 저류 및 침투기능, 다양한 강우사상에 대하여 모니터링을 수행하였다.

인공습지에 관한 연구로서 강창국 외(2011)는 도시 및 도로가에 적용하기 위한 소규모 인공습지 기술을 개발하기 위하여, Pilot-scale 실험을 실시하여 오염물질의 평균저감효율을 산정하였다. 이정용 외(2011)는 인공습지 적용 시 발생할 수 있는 단점을 최소화하면서 도시지역과 같은 협소한 공간에서도 적용 가능한 소규모 인공습지 기술을 개발하고자 Pilo-scale 테스트를 수행하고 연구결과를 토대로 기술의 적용성을 평가하였다.

〈표 1-8〉 도시 물순환 관리 기술요소에 관한 연구

저자	제목	내용
한무영 외 2인 (2003)	옥상녹화가 빗물유출량 및 수질에 미치는 영향	소규모의 저관리·경량형의 Pilot 규모의 옥상녹화 시스템을 설치하여 2003년 5월부터 6월까지의 7번의 강우사상에 따른 유출저감 효과를 측정하여 옥상녹화시스템의 우수저장효과 및 유출 특성과 유출수의 수질변화 측정.
이동근 외 3인 (2006)	옥상녹화의 우수유출량 저감효과에 관한 연구	옥상녹화 조성시 토심과 식생유무에 따라 우수유출량 저감효과를 분석하기 위해 토심(10, 15, 20cm)을 중심으로 옥상녹화 실험구를 조성하여 우수유출량을 측정.
김선미, 이인성 (2007)	레인가든을 적용한 환경 친화적 빗물 처리방안 검토	레인가든의 환경적 의의와 조성방법, 빗물로부터 하천을 보호하기 위한 미국의 관련 규정을 고찰하고 레인가든의 효과에 대하여 검토.
이춘석 외 2인 (2008)	투수성포장재의 우수 표면유출 저감 효과	현재 국내에서 생산 적용되고 있는 대표적인 투수성 포장재를 대상으로 강우 시 발생하는 표면유출 특성을 실험을 통하여 비교 분석하여 각 포장면에서 발생하는 표면 유출을 중심으로 강우 초기의 유출지연 및 저감효과 분석.
이주영 외 6인 (2009)	도시 초기우수 저감을 위한 생물학적 빗물저류정원에 관한 연구	분산형 초기우수관리 방법으로 빗물저류정원을 제시하기 위하여 4개의 빗물저류정원을 제작하여 오염물질의 저감효과를 실험.

이정용 외 3인 (2010)	포장지역 강우유출수 관리를 위한 침투도랑 기술개발	강우시 발생하는 비점오염물질 처리를 위한 저류 및 침투기능을 포함하는 한국형 비점오염저감시설인 Eco-Bio Filter(EBF)를 개발하기 위하여 EBF시설의 저류 및 침투기능, 다양한 강우사상에 대하여 모니터링을 수행.
강창국 외 4인 (2011)	도시 및 도로 조경공간을 활용한 소규모 인공 습지 조성 기술	도시 및 도로가에 적용하기 위한 소규모 인공습지 기술을 개발하기 위하여, Pilot-scale 실험을 실시하여 오염물질의 평균저감효율을 산정.
김창수, 성기준 (2011)	레인가든이 지하유출 및 침투유량 감소에 미 치는 효과	레인가든의 식재 식생에 따른 강우유출 감소와 및 지연 효과를 실험적 연구를 통하여 제시.
이정용 외 4인 (2011)	도시내 녹지공간 조성 을 위한 소규모 HSSF 인공습지 개발	인공습지 적용 시 발생할 수 있는 단점을 최소화하면서 도시지역과 같은 협소한 공간에서도 적용 가능한 소규모 HSSF 인공습지 기술을 개발하고자 Pilo-scale test를 수행하고, 연구결과를 토대로 기술의 적용성을 평가.
이은희 외 2인 (2011)	관리조방형 옥상녹화시 스템이 우수순환체계 에 미치는 영향	서울여자대학교에 실제로 조성된 옥상녹화의 우수유출량을 분석하여 옥상녹화가 우수의 유출량 저감 및 유출시간 지연에 효과적임을 보여줌.
김창수, 성기준 (2012)	비점오염원관리를 위한 레인가든에서 식물과 토양의 영양물질과 중 금속 농도변화	레인가든을 운영함에 있어서 식물 오염 잠재성 및 적용 식물의 종류에 따른 토양의 오염물질 보유 정도를 실험을 통하여 평가함.

제4절 도시 물순환 관리 관련 국내법규 검토

우리나라는 급격한 도시화로 인한 불투수 면적의 증가와 최근 전 지구적인 기후변화의 영향으로 인한 도시지역의 홍수와 침수피해, 물부족, 수질오염 등을 개선하기 위해 도시 물순환 회복을 위한 제도적 준비가 활발히 진행되고 있다. 이와 관련하여 최근 제정된 법규를 중심으로 살펴보면, 2010년 1월13일에 제정된 「저탄소 녹색성장 기본법」⁷⁾제52조(기후변화 대응을 위한 물관리)에는 기후변화로 인한 가뭄 등 자연재해와 물부족, 수질악화 및 수생태계의 변화에 효과적으로 대응할 수 있는 시책을 수립하고 시행하도록 명시하였다. 또한 같은 해인 2010년 6월9일에 제정된 「물 재이용의 촉진 및 지원에 관한 법률」⁸⁾에서는 빗물이용시설, 중수도 시설, 그리고 하·폐수처리수의 재이용을 하나의 법률로 통합하여 수자원을 효율적으로 이용하기 위한 제도적 기반을 마련하였다.

이와 함께 2011년 8월31일에 개정된 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙」⁹⁾ 제13조(저류시설의 설치 및 관리기준)에는 기존에 저류시설의 설치가 제한되었던 소공원 및 어린이공원에 저류시설의 설치를 허용하여 도시지역의 저류시설 설치를 확대함으로써 기후변화에 대응하고 도시재해를 방지하고자 하였다. 또한 2011년 11월14일에 제정된 「친수구역 조성지침」¹⁰⁾에는 토지이용계획에 저영향개발 기법을 적용하도록 규정하였고, 제15조(물순환 계획)에는 수질오염을 최소화하기 위하여 저영향개발 기법 등을 통해 도시 물순환 시스템을 구축하도록 명시하였다.

최근 2013년 8월 30일에 개정된 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」¹¹⁾에는 기후변화 및 도시화에 따른 호우 피해를 방지하기 위하여 개별 도시·군 계획시설에 빗물관리시설을 설치하도록 규정하였다. 또한 빗물관리시설 등의 설치 근거

7)저탄소 녹색성장 기본법 [시행 2013.3.23.] [법률 제11676호, 2013.3.23., 일부개정]

8)물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 [시행 2014.7.17] [법률 제11908호, 2013.7.16, 일부개정]

9)도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙 [시행 2013.11.23.] [국토교통부령 제39호, 2013.11.22., 일부개정]

10)친수구역조성지침 [시행 2013.4.16] [국토교통부훈령 제71호, 2013.4.16, 일부개정]

11)도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 [시행 2013.8.30.] [국토교통부령 제22호, 2013.8.30., 일부개정]

마련하기 위해 불투수 포장으로 인하여 다량의 빗물이 유출되는 도로, 주차장 등 도시·군계획시설에는 빗물관리시설을 설치하도록 하고, 학교나 공공청사 등에는 빗물이용시설의 설치를 고려하도록 명시하였다.

〈표 1-9〉 도시 물순환 관리 관련 제·개정된 국내 법령 및 시행규칙

법령명	주요내용	소관부처
수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 ¹²⁾	2007년에 점오염원관리 중심에서 비점오염원관리와 오염총량관리로 전환	환경부
물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률	「수도법」에 있던 빗물이용시설, 「수도법」에서 「하수도법」으로 이동하였던 중수도 시설, 새롭게 하·폐수처리수의 재이용을 2010년에 하나의 법률로 통합	환경부
저탄소 녹색성장 기본법	제52조(기후변화 대응을 위한 물관리)에 기후변화에 의한 가뭄 등 자연재해와 물부족, 수질악화 및 수생태계의 변화에 효과적으로 대응할 수 있는 시책을 수립하고 시행하도록 명시	국무조정실
도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙	제13조(저류시설의 설치 및 관리기준)에 빗물을 일시적으로 모아 두었다가 바깥 수위가 낮아진 후에 방류하는 유입시설, 저류지, 방류시설 등으로 설치하도록 규정	국토교통부
친수구역 활용에 관한 특별법 ¹³⁾	친수공간 조성에 의한 오염부하량의 최소화와 하천유량 영향의 최소화를 도모하도록 명시	국토교통부
친수구역 조성지침	토지이용계획에 저영향개발(LID)기법을 적용하도록 규정하였고, 제15조(물순환 계획)에 수질오염을 최소화하기 위한 저영향개발 기법을 이용하여 도시 물관리 시스템을 구축하도록 명시	국토교통부
도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙	불투수 포장으로 인하여 다량의 빗물이 유출되는 도로·주차장 등은 빗물이 스며드는 구조로 하거나 빗물관리시설(식생도랑, 빗물침투·저류조, 빗물정원 등)을 설치하도록 하고 학교나 공공청사 등에는 수자원의 효율적 이용을 위하여 빗물이용시설의 설치	국토교통부

12)수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 [시행 2013.7.16.] [법률 제11915호, 2013.7.16., 타법개정]

13)친수구역 활용에 관한 특별법 [시행 2013.3.23] [법률 제11690호, 2013.3.23, 타법개정]

이러한 노력은 중앙정부 뿐 아니라 지자체 차원에서도 적극적으로 이루어지고 있다. 서울시는 전국 최초로 2005년 12월에 「빗물관리에 관한 조례」¹⁴⁾를 제정하여 빗물침투, 저류, 이용시설 등을 설치하고, 빗물관리기본계획을 수립하도록 명시하였고, 2012년 5월에는 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 조례」¹⁵⁾를 제정하여 빗물이용, 중수도, 하수처리수 재이용 기준 및 제도를 마련하였다.

최근 2013년 9월에 도시화로 인한 침수피해의 증가, 열섬현상의 악화, 지하수위 저하 등 도시 물순환의 왜곡으로 인한 문제점을 해결하기 위해 ‘「빗물관리에 관한 조례」 전부개정안’을 입법예고하였다. 전부개정 조례안은 총 7개 장에 34개 조문으로 구성되어 있으며, 빗물 침투와 저류시설을 도입하는 등 개발로 인한 물순환 왜곡을 최소화하기 위한 저영향개발의 개념을 담고 있다. 또한 전부개정 조례안은 「서울특별시 물관리 회복 및 저영향개발 기본조례」로 명칭을 변경하고 다양한 빗물침투와 저류시설의 확대 방안과 물 재이용을 활성화하기 위한 정책 등을 포괄하는 내용을 담고 있다.¹⁶⁾

개정된 조례안에는 구체적으로 빗물관리계획을 10년 주기로 수립하도록 명시하고, 빗물분담량을 산출하여 빗물관리시설 설치 기준을 제시하도록 하였다. 시 전역에 대한 빗물관리시설 설치의 정량적 목표 및 기준을 마련하도록 요구하였다. 빗물관리시설의 설치 의무를 신설하고, 설치 권고 대상을 확대하도록 하였다. 또한 자연 물순환 회복을 위해 빗물 침투시설의 성능유지를 위해 투수지속성 검증시험의 인증을 받은 시설을 우선 설치하도록 하여 빗물침투시설의 지속성을 확보할 수 있도록 하였다.

〈표 1-10〉 서울특별시 빗물관리에 관한 조례 전부개정안 주요내용 중 일부

조항	개정안 내용
안 제5조	빗물관리기본계획 수립의 기준 구체화 -빗물관리기본계획을 10년 주기로 수립토록 명시하고, 빗물분담량을 산출하여 빗물관리시설 설치 기준을 제시토록 함

14)서울특별시 빗물관리에 관한 조례 [시행 2012.5.22.] [서울특별시조례 제5293호, 2012.5.22., 타법개정]

15)서울특별시 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 조례 [시행 2012.5.22.] [서울특별시조례 제5293호, 2012.5.22., 제정]

16)서울특별시, 앞에 든 책, p. 4.

안 제7조~ 제10조	저영향개발 유도를 위한 방안을 신설 -저영향개발 사전협의 제도 시행을 통한 빗물분담량 적용의 실효성 확보 -빗물관리 집중을 통한 재해예방의 극대화, 물환경 및 물관리 회복을 위한 저영향개발 지구단위계획구역 지정 근거 마련
안 제11조~ 제12조	자연 물관리 회복을 위하여, 빗물관리시설의 설치 의무를 신설하고, 설치 권고대상을 확대 - 「관광진흥법」 제2조제6호 및 제7호에 따른 관광지 및 관광단지 개발사업 등 44개 사업에 대한 빗물분담량 적용 의무화 - 「자연재해대책법」 제5조에 따른 사전재해영향성 검토협의대상 등 빗물관리시설 설치 권고대상을 확대
안 제30조	투수성능 지속성 확보를 위한 방안 마련 -빗물침투시설의 성능유지를 위해 투수지속성 검증시험의 인증을 받은 시설을 우선 설치하도록 하여 빗물침투시설의 지속성을 확보함

자료: '서울특별시 물관리 회복 및 저영향개발 기본조례안' 공청회 자료집, 2013, pp.5-6 을 참조하여 작성

이와 같이 최근 중앙정부와 서울시 등의 지자체에서는 그린인프라와 관련된 빗물 침투·저류시설의 도입과 물 재이용의 확대를 위한 빗물관리 조례의 개정, 불투수 포장으로 인하여 다량의 빗물이 유출되는 도로, 주차장 등에 빗물관리시설의 설치, 수자원의 효율적 이용을 위한 빗물이용시설의 설치, 개발이 물환경 등 자연에 미치는 영향을 최소화하는 저영향개발의 적용 등 도시 물순환 회복을 위한 다양한 제도적 정비가 활발하게 진행되고 있다.

제2장 그린인프라스트럭처 이론적 고찰

제1절 도시 물순환을 위한 그린인프라스트럭처 개념

1. 공원녹지 네트워크로서 그린인프라스트럭처

‘그린인프라스트럭처’라는 용어는 지속가능한 도시개발과 함께 최근 관심이 고조되고 있는 기후변화와 자원위기에 대한 대응으로서 1990년대 후반에 통용되기 시작하였다.¹⁷⁾ 1999년에 미국의 ‘지속가능한 발전에 관한 대통령 위원회(President’s Council on Sustainable Development)’에서는 지속가능한 커뮤니티의 개발을 위한 다섯 가지의 전략 중 하나로 그린인프라를 언급하였다. 여기에서 그린인프라는 “생명을 지속시키고 삶의 질을 풍부하게 하는 주요한 서비스를 제공하는 오픈 스페이스, 대기권역, 유역, 산림, 야생서식처, 공원, 자연지역 등의 네트워크”라고 정의하였고, 이러한 편익을 획득하기 위해서는 “많은 커뮤니티들이 자연의 자원과 어메니티의 지역 시스템을 보존하고, 보호하며, 회복하기 위해 장소에 기초한 접근법을 장려해야한다”¹⁸⁾고 주장하였다.

이를 기초로 하여 그린인프라를 이론적으로 정립한 Mark A. Benedict와 Edward T. McMahon이 2003년에 공동으로 발표한 *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*에서는 가장 일반적으로 통용되고 있는 정의로서 그린인프라를 “자연 생태계의 가치와 기능을 보존하고 인간에게 편익을 제공하는 상호 연결된 녹색 공간의 네트워크”¹⁹⁾로서 정의하고 있다. 또한 이 보고서를 근간으로 2006년에 두 저자가 공동으로 집

17)Irene J. Klaver, *Reclaiming the Infrastructure: the Potential of Green Infrastructure for Urban Renewal around Stormwater Management* (Retrieved from http://www.csid.unt.edu/Files/3TEP/3TEP_Klaver.pdf, 2010), p. 3.

18)Martin A. Spitzer(eds.), *Towards a Sustainable America: Advancing Prosperity, Opportunity, and a Healthy Environment for the 21st Century* (Darby: DIANE Publishing, 1999) p. 64.

19)Mark A. Benedict and Edward T. McMahon, *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century* (Retrieved from http://www.sprawlwatch.org/green_infrastructure.pdf, 2002), p. 6.

필한 북미의 그린인프라의 대표적인 서적인 *Green Infrastructure: Linking Landscape and Communities*에서는 그린인프라를 명사와 형용사로 구분하여 정의하고 있다.

먼저 명사로서의 그린인프라는 “자연 자원의 가치와 인간에게 부여하는 편익을 위해 계획되고 관리되는 자연지역, 공공·사적 보전지, 보존가치가 있는 토지, 보호되는 오픈스페이스를 포함하는 상호 연결된 녹색 공간”²⁰⁾으로 정의하고 있다. 형용사로서의 그린인프라는 “자연과 인간을 위해 올바른 토지이용 계획과 실행을 장려하는 국가, 주, 지방, 지역 규모로 토지 보존에 체계적이고 전략적인 접근을 장려하는 과정”²¹⁾으로 설명하였다. 또한 그린인프라는 ‘인프라(infrastructure)’라는 용어에서 알 수 있듯이 “도로, 하수시설, 병원 등 커뮤니티의 주요한 필수요건을 공급하는 기존의 기반시설과 같이 커뮤니티의 건강과 생존을 위해 필수적인 기반시설”²²⁾임을 주장한다.

이와 유사한 개념으로서 유럽, 특히 영국에서는 그린인프라를 공원녹지의 네트워크로 정의하고 있다. 2006년에 영국에서 발간한 *Green Infrastructure Planning Guide*에서는 “그린인프라는 도시, 타운, 마을 내에 그리고 사이에 물리적 환경이다. 그린인프라는 공원, 정원, 산림, 그린코리더, 물길, 가로수 등의 다기능적인 오픈스페이스의 네트워크이다. 따라서 그린인프라는 모든 환경적 자원을 포함하고, 그린인프라는 지속가능한 자원관리에 공헌한다”²³⁾고 정의하고 있다. 이에 2008년 영국 정부에서 지역계획에 관련한 정부의 정책과 원칙을 담은 보고서 중 하나인 *Planning Policy Statement 12*에서는 그린인프라를 “자연과 생태적 과정을 지탱하고 지속가능한 커뮤니티의 건강과 삶에 필수적인 새롭고 기존의, 그리고 지방과 도시 모두를 포함하는 다기능적인 녹색공간의 네트워크”²⁴⁾라고 정의하고 있다.

20)Mark A. Benedict and Edward T. McMahon, *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities* (Washington, DC: Island Press, 2006), p. 3.

21)Ibid. p. 3.

22)Ibid. p. 4.

23)C Davies, R MacFarlane, C McGloin and M Roe, *Green Infrastructure Planning Guide: Version 1.1* (Retrieved from <http://www.scribd.com/doc/33007993/Green-Infrastructure-Planning-Guide>, 2006), p. 2.

24)Communities and Local Government, *Planning Policy Statement 12: Creating Strong Safe and Prosperous Communities through Local Spatial Planning* (London: TSO, 2008), p. 5.

2009년에 영국의 Natural England에서 발간한 *Green Infrastructure Guidance* 에서도 PPS12(Planning Policy Statement 12)의 정의를 기초로 하여 그린인프라를 “녹색공간과 다른 환경적 요소들의 폭넓은 범위를 포함하는 전략적으로 계획되고 실행되는 네트워크”²⁵⁾라고 정의하고 “그린인프라를 제공하는 커뮤니티에 의해서 요구되고 지속가능성을 지탱하는데 필요한 삶의 질에 편익과 생태적 서비스를 실행할 수 있는 다기능적인 자원으로 계획되고 관리되어야 한다”²⁶⁾고 주장한다.

〈표 2-11〉 공원녹지네트워크로서 그린인프라 정의

저자	정의
the President' s Council on Sustainable Development, 1999	그린인프라는 생명을 지속시키고 삶의 질을 풍부하게 하는 주요한 서비스를 제공하는 오픈 스페이스, 대기권역, 유역, 산림, 야생서식처, 공원, 자연지역 등의 네트워크이다.
Benedict M.A. & McMahon E.T., 2003	그린인프라는 자연 생태계의 가치와 기능을 보존하고 인간에게 편익을 제공하는 상호 연결된 녹색 공간의 네트워크이다.
Benedict M.A. & McMahon E.T., 2006	그린인프라는 자연지역과 요소들을 포함하는 상호연결된 녹색공간 네트워크이다.
Davies, C., MacFarlane, R., McGloin, C., & Roe, M., 2006	그린인프라는 도시, 타운, 마을 내에 그리고 사이에 물리적 환경이다. 그린인프라는 공원, 정원, 산림, 그린코리더, 물길, 가로수 등의 다기능적인 오픈스페이스의 네트워크이다. 따라서 그린인프라는 모든 환경적 자원을 포함하고, 그린인프라는 지속가능한 자원관리에 공헌한다.
Department for Communities and Local Government, 2008	그린인프라는 자연과 생태적 과정을 지탱하고 지속가능한 커뮤니티의 건강과 삶에 필수적인 새롭고 기존의, 그리고 지방과 도시 모두를 포함하는 다기능적인 녹색공간의 네트워크이다.
Natural England, 2009	그린인프라는 녹색공간과 다른 환경적 요소들의 폭넓은 범위를 포함하는 전략적으로 계획되고 실행되는 네트워크이다.

하지만, Mark A. Benedict 와 Edward T. McMahon이 언급한 바와 같이 그린인프라는 사용되는 상황과 맥락에 따라 폭넓은 범위에서 다양하게 정의될 수 있다.

25)Natural England and Landuse Consultants, *Green Infrastructure Guidance* (Report NE176, 2009), p. 7.

26)Ibid, p. 7.

2. 도시 물순환 관리로서 그린인프라스트럭처

도시의 물순환 관리전략으로서 최근 그린인프라 정책의 실행에 중심에 있는 미국 환경보호청에 따르면 “그린인프라는 커뮤니티가 건전한 수자원을 유지하고, 다양한 환경적 편익을 제공하고, 지속가능한 커뮤니티를 지탱하기 위해서 선택할 수 있는 접근법이다. 빗물을 하수관으로 처리하는 단일 목적의 회색인프라(gray infrastructure)²⁷⁾와 달리 빗물이 떨어지는 지역에서 빗물을 관리하기 위해 식생과 토양을 사용하며, 건조 환경내로 자연적 과정을 통합함으로써 그린인프라는 강우관리 뿐 아니라 홍수완화, 대기질 관리 등 다양한 편익을 제공할 수 있다”²⁸⁾고 정의한다. 또한 “도시나 지역차원에서 그린인프라는 서식처, 홍수보호, 대기질 향상, 수질향상 등을 제공하는 자연지역의 패치워크를 의미하고, 근린이나 부지차원에서 그린인프라는 빗물을 흡수하고 저장함으로써 자연을 모사하는 빗물 관리시스템을 의미한다”²⁹⁾고 주장한다.

이를 구체적으로 살펴보면 첫째, 큰 규모의 유역 또는 도시차원에서 그린인프라는 보존되거나 복원된 자연의 토지와 물의 상호연결된 네트워크로서 서식처 코리더와 수자원 보호 등을 포함할 수 있다. 둘째, 커뮤니티와 근린차원에서 그린인프라는 불투수 면적을 줄이고 걷기에 좋은 컴팩트, 용도혼합개발, 녹지보존과 같은 계획과 설계 전략을 포함할 수 있다. 셋째, 부지차원에서 그린인프라는 수목, 식물 등의 자연식생을 사용하여 대상지의 자연적 수문학을 유지하거나 복원하는 방식으로 강우유출수를 관리하며 레인가든, 투수성포장, 옥상녹화, 침투플랜터, 수목여과상자, 빗물저장 등을 포함할 수 있다.³⁰⁾

이에 최근 미국의 여러 도시에서는 그린인프라를 저영향개발과 함께 강우와 폭우의 부정적 영향을 최소화하기 위해 도시에서 실질적으로 접근할 수 있는 개념으로 사용하고

27)회색인프라(grey infrastructure)는 그린인프라(green infrastructure)의 상대되는 의미로 하수관로, 빗물펌프장, 하수처리시설 등 도시 물관리를 위한 기존의 방재적, 토목적, 공학적인 접근을 의미한다.

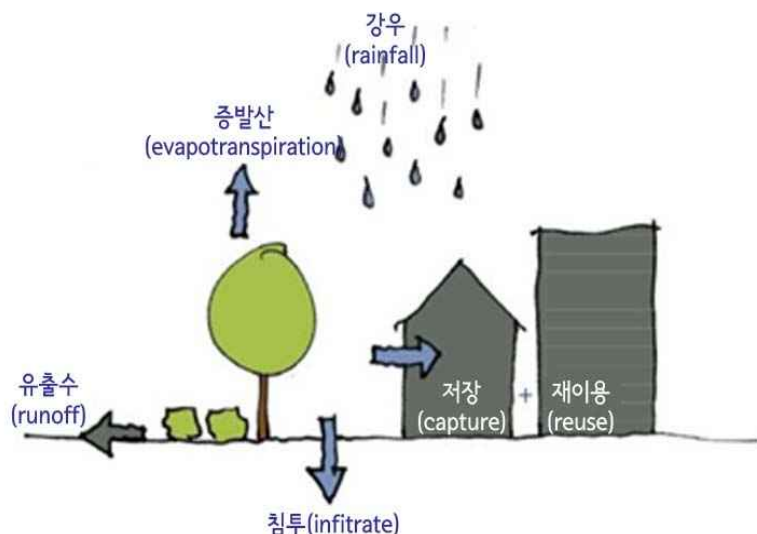
28)"EPA United States Environmental Protection Agency," <http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/index.cfm#> (검색일: 2014년 1월 7일).

29)"EPA United States Environmental Protection Agency," http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/gi_what.cfm (검색일: 2014년 1월 7일).

30)U.S. Environmental Protection Agency, *Green Infrastructure Case Studies: Municipal Policies for Managing Stormwater with Green Infrastructure* (Retrieved from http://c133311.r11.cf0.rackcdn.com/Guide_EPA_GICaseStudiesReduced4.pdf, 2010), pp.2-3.

있다. 하지만 그린인프라는 기존의 저영향개발에 비해 지역에서부터 도시, 단지, 건물, 가로까지 더욱 광범위한 규모에 걸쳐서 다차원적으로 적용할 수 있는 개념이다. 저영향개발은 소규모 분산형의 자연친화적인 기법을 활용해 우수유출 발생원부터 우수유출량 및 비점오염을 저감, 유출속도를 지연시켜 도시지역의 물관리 상태를 개발 이전에 가깝게 유지하기 위한 기법³¹⁾으로 그린인프라와 유사한 개념이지만 그린인프라는 상기한 바와 같이 기능과 효과, 규모와 적용에 있어 저영향개발을 포함하는 포괄적인 개념으로 이해할 수 있다.³²⁾

이와 같이 도시 물순환 관리 전략으로서 그린인프라는 저영향개발과 같이 빗물이 떨어진 지역에서 증발산, 침투, 저류 등으로 대부분의 빗물이 처리되는 자연의 수문학적 방식을 모사하는 것이다. 따라서 강우를 처리하는 데 있어 자연의 수문학 방식을 모사한 그린인프라는 기본적으로 증발산, 침투, 저장, 재사용의 방식으로 개념화 될 수 있다.



〈그림 2-2〉 그린인프라의 강우 처리 기본개념도

자료: Southeast Tennessee Development District, Green Infrastructure Handbook for Local Government, 2010, p.4.

31)현경학, "저탄소 도시를 위해 가야 할 길-LID (Low Impact Development, 저영향 개발)," 『한국지반환경공학회 학회지』, 11(6), 2008, pp.8-9.

32)Haan-Fawn Chau, *Green Infrastructure for Los Angeles* (Retrieved from http://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/climate/docs/resources/la_green_infrastructure.pdf, 2009), p. 8.




제2절 도시 물순환을 위한 그린인프라스트럭처 유형

1. 적용기법에 따른 그린인프라스트럭처 유형

도시의 물순환 관리 전략으로서 그린인프라 정책의 실행에 중심에 있는 미국환경보호청에서는 “그린인프라를 건강한 도시환경을 창출하고 빗물을 관리하기 위해서 식생, 토양, 자연과정을 활용한다. 도시나 주차원에서 그린인프라는 서식처, 홍수보호, 대기질 향상, 수질향상 등을 제공하는 자연지역의 패치워크를 의미한다. 근린이나 부지차원에서 그린인프라는 빗물을 흡수하고 저장함으로써 자연을 모사하는 빗물관리시스템을 의미한다”³³⁾고 정의하였다.

이를 토대로 미국환경보호청은 그린인프라의 유형을 낙수흡통 분리, 빗물저장, 레인가든, 플랜터박스, 식생수로, 투수성포장, 녹색가로, 녹색주차장, 옥상녹화, 도시수목, 토지보존 등 11가지로 분류하였다. 구체적인 내용을 살펴보면 다음과 같다.

〈표 2-1〉 적용기법에 따른 그린인프라 유형 분류

유형	내용	적용사진
낙수흡통 분리 (Downspout Disconnection)	낙수흡통 분리는 건물옥상의 배수관의 경로를 재설정하여 배수시설 대신에 빗물저장통, 빗물저장탱크, 투수성 지면으로 강우를 배수하는 것이다. 낙수흡통 분리는 빗물을 저장하고 토양으로 빗물이 침투될 수 있도록 한다.	
빗물저장 (Rainwater Harvesting)	빗물저장은 재사용을 위해 빗물을 저장하고 수집한다. 빗물저장시스템은 적절하게 디자인되었을 때 강우유출수를 저감시키고 수자원을 공급할 수 있다.	
레인가든 (Rain Garden)	레인가든은 옥상, 보행로, 가로 등에서 발생된 강우유출수를 저장, 흡수하는 얇은 식생저류지이다. 레인가든은 강우유출수를 침투, 증발산시킴으로서 자연의 수문학적 기능을 모사한다.	

33)"EPA United States Environmental Protection Agency," 앞에 든 글.

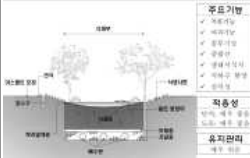
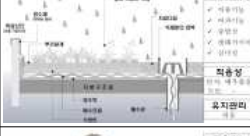
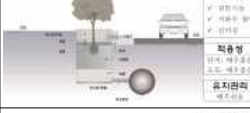
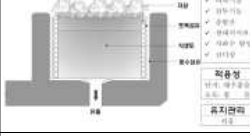
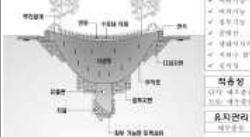
플랜터박스 (Planter Boxes)	플랜터박스는 보행로, 주차장, 가로 등으로부터 강우유출수를 저장하고 흡수하기 위한 도시형 레인가든이다. 플랜터박스는 가로의 경관요소로서 고밀도시지역의 제한된 공간에 적합하다.	
식생수로 (Bioswales)	식생수로는 강우유출수가 이동할 때 처리와 저류기능을 제공하는 식생, 멀칭, 건식으로 조성된 수로이다. 식생은 강우유출수를 저감하고, 침투하고, 여과한다. 식생수로는 선형의 형태로 가로와 주차장 등을 따라 조성되는 것이 적합하다.	
투수성 포장 (Permeable Pavement)	투수성포장은 빗물이 떨어진 지역에서 침투하고, 처리하고, 흡수될 수 있도록 포장된 지면이다. 투수성포장은 투수콘크리트, 투수아스팔트, 투수블럭 등을 포함한다.	
녹색가로 (Green Streets)	녹색가로는 강우를 저장, 침투, 증발산하기 위해 가로설계에 그린인프라 요소를 포함하는 것이다. 투수성포장, 식생수로, 플랜터박스, 수목 등이 녹색가로 설계에 포함될 수 있다.	
녹색주차 (Green Parking)	상기한 그린인프라의 요소들이 녹색주차 설계에 적용될 수 있다. 투수성포장이 주차장의 일부에 설치될 수 있고, 레인가든과 식생수로는 주차장의 가장자리와 분리대를 따라 설치될 수 있다.	
옥상녹화 (Green Roofs)	옥상녹화는 강우를 흡수, 증발산 할 수 있는 토양과 식생으로 구성된다. 옥상녹화는 지가가 높은 고밀의 도시역이나 강우관리의 비용이 높은 산업시설이나 오피스건물에 비용효과적이다.	
도시수목 (Urban Tree Canopy)	수목은 잎과 가지를 통해서 강우를 차단하여 강우유출수를 저감시킬 수 있다. 도시 곳곳에서 다양한 이해당사자들이 수목의 식재와 유지관리에 참여할 수 있다.	
토지보존 (Land Conservation)	도시와 근교의 오픈스페이스, 그리고 생태적으로 중요한 자연지역을 보호하는 것은 도시민에게 레크레이션의 기회를 제공함과 동시에 강우로 인한 수질과 홍수의 부정적인 영향을 완화시킬 수 있다. 수질과 홍수를 관리하는데 중요한 자연지역은 습지, 하천지역 등을 포함한다.	

자료:미국환경보호청 그린인프라 웹사이트 http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/gi_what.cfm 를 참조하여 작성

국내의 경우 그린인프라와 관련하여 지난 2013년 4월에 환경부에서 발간한 「저영향개발(LID)³⁴⁾ 기술요소 가이드라인」에서 “저영향개발은 자연의 물관리에 미치는 영향을 최소화 하여 개발하는 것을 의미한다”³⁵⁾고 정의하고, “저영향개발은 수질 및 수생태계 건강성 향상, 도시 침투 및 열섬현상 완화, 도시경관 개선 등의 효과를 갖는다”³⁶⁾고 주장한다.

이 보고서에서는 저영향개발 기술요소를 식생체류지, 옥상녹화, 나무여과상자, 식물재배화분, 식생수로, 식생여과대, 침투도랑, 침투통, 투수성 포장, 모래여과장치, 빗물통 등 11가지로 분류하고 있다. 구체적인 내용을 살펴보면 아래의 표와 같다.


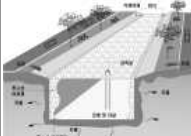
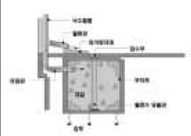

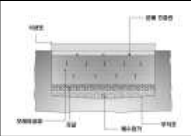

〈표 2-2〉 저영향개발 기술요소 개요 및 입단면도

기술요소	기술개요	입단면도
식생체류지 (Bioretention)	토양에 의한 여과, 생화학적 반응, 침투 및 저류 등의 방법으로 강우유출수를 조절하는 식생으로 덮인 소규모의 저류시설이다.	
옥상녹화 (Green roof)	식생 지붕으로도 알려진 옥상녹화는 강우유출수를 옥상에서 차집하여, 여과, 증발, 저류함으로써 도시화된 지역의 유출을 저감하는 기술요소이다.	
나무여과상자 (Treebox filter)	기존 가로수나 신규 식재되는 가로수 부지를 활용하므로 추가적인 부지소요가 적어 도심이나 도로에 적용하기 용이한 기술요소이다.	
식물재배화분 (Planter box)	도심 녹지공간이나 기존 수목이 식재된 화분 등의 공간을 활용하여 우수를 저류, 체류 할 수 있는 시설물로 지피식물, 관목류 등의 식재를 통해 녹지기능과 우수관리기능을 확보한다.	
식생수로 (Bio swale)	식생체류지와 유사한 기능을 갖는 배수 구조물로서 강우유출수의 여과 및 침투, 배수 기능을 갖는다.	

34)저영향개발(Low Impact Development)은 앞서 논의한 바와 같이 친환경적인 강우관리 기술로서 그린인프라에 포함되는 개념으로 볼 수 있다.

35)환경부, 『저영향개발(LID) 기술요소 가이드라인』 (환경부, 2013), p. 3.

36)같은 책, p. 5.

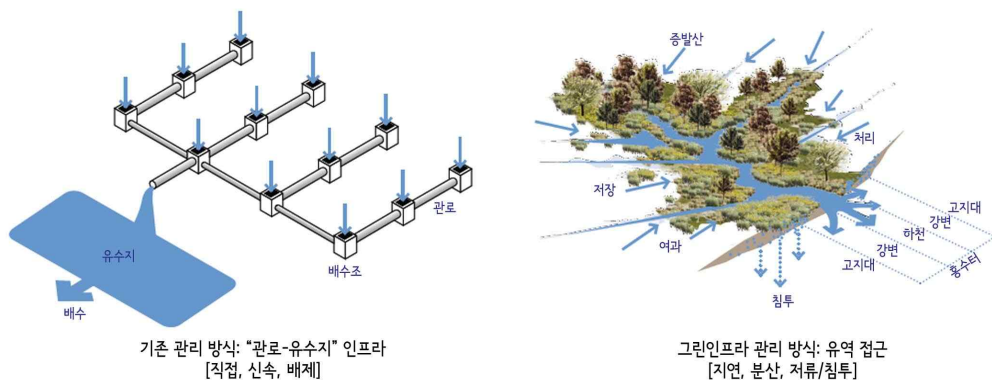
식생여과대 (Bio slope)	생태제방으로도 알려진 식생여과대는 자갈 및 식생활착이 유리한 토양으로 구성되며 강우유출수를 감소시키고 사면안정과 함께 여과기능을 수행하여 수질개선 및 도심 내 녹지공간으로의 기능을 갖는다.	 주요기능 - 식생기능 - 침투기능 - 여과기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 적용성 - 도시, 녹지공간 - 도로, 녹지공간 - 도로, 녹지공간 유지관리 - 정기적 관리
침투도랑 (Infiltration trench)	침투도랑은 돌로 채워진 형태의 도랑으로 강우시 유출수를 담아두고 토양으로 침투시키는 기술요소이다.	 주요기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 적용성 - 도시, 녹지공간 - 도로, 녹지공간 - 도로, 녹지공간 유지관리 - 정기적 관리
침투통 (Dry well)	자갈 또는 돌 등으로 채워져 있고 건축물의 흠통과 연결되어 있거나 불투수면의 유출수가 유입될 수 있도록 설치되어 토양으로 침투시키는 기술요소이다.	 주요기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 적용성 - 도시, 녹지공간 - 도로, 녹지공간 - 도로, 녹지공간 유지관리 - 정기적 관리
투수성 포장 (Porous pavement)	강우유출수와 오염물질 저감을 위해 다공성 아스팔트·콘크리트·투수블록 등과 쇄석의 공극을 통과하여 강우유출수를 토양에 침투시키고 오염물질을 저감하는 기술요소이다.	 주요기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 적용성 - 도시, 녹지공간 - 도로, 녹지공간 - 도로, 녹지공간 유지관리 - 정기적 관리
모래여과장치 (Sand filter)	불투수면의 강우유출수를 모래여과를 통해 유출수내 협잡물 및 부유물질을 제거하여 수질을 개선시키는 기술요소이다.	 주요기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 적용성 - 도시, 녹지공간 - 도로, 녹지공간 - 도로, 녹지공간 유지관리 - 정기적 관리
빗물통 (Rain barrel)	빗물통은 지붕 유출수를 이용하기 위해 설치되는 저류시설로 소규모의 강우에 대해서 유출량 저감과 대체용수 확보의 이점을 가지고 있다.	 주요기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 - 침투기능 적용성 - 도시, 녹지공간 - 도로, 녹지공간 - 도로, 녹지공간 유지관리 - 정기적 관리

자료: 환경부, “저영향개발(LID) 기술요소 가이드라인”, 2013, pp.65-99를 참조하여 작성

이와 같이 미국환경보호청은 그린인프라의 유형을 첫째, 레인가든, 플랜터박스, 식생수로, 투수성포장, 옥상녹화, 도시수목 등의 개별적인 그린인프라 기술요소, 둘째, 녹색가로, 녹색주차 등의 그린인프라 공간유형, 셋째, 낙수흐름 분리, 빗물저장, 토지보존 등의 그린인프라 전략을 포괄하는 폭넓은 의미에서 그린인프라 유형을 분류하고 있다. 이에 비해 국내에서는 그린인프라의 유형을 식생체류지, 옥상녹화, 나무여과상자, 식물재배화분, 침투도랑, 침투통, 투수성 포장, 모래여과장치, 빗물통 등 그린인프라 기술요소로 한정하여 분류하고 있다.

2. 강우처리 방식에 따른 그린인프라스트럭처 유형

그린인프라는 유량제어, 저류, 저장, 여과, 침투 등 강우처리 방식에 따라서도 유형을 분류할 수 있다. 2010년에 미국에 아칸소 대학의 커뮤니티 디자인 센터에서 발간한 *Low Impact Development: A Design Manual for Urban Areas*에서는 “그린인프라³⁷⁾를 식생처리네트워크를 통해서 대상지 내 강우를 관리하기 위해 소프트 공학을 활용하는 생태적 강우관리 접근이다. 그린인프라의 목적은 강우가 발생된 지역에서 유출수를 침투, 여과, 저장, 증발산하는 기술을 사용하여 대상지에 개발이전의 수문학적 상태를 유지하는 것이다. 기존의 관로, 집수시설 등을 통해 대상지 밖으로 강우유출수를 보내는 회색인프라와 달리 그린인프라는 분산된 식생처리의 네트워크를 통해서 오염된 강우유출수를 관리하는 것이다”³⁸⁾로 정의하였다.



〈그림 2-3〉 회색인프라(좌)와 그린인프라(우)의 강우처리방식 비교 다이어그램

자료: University of Arkansas Community Design Center, *Low Impact Development: a design manual for urban areas*, 2010, pp.18-19.

이를 토대로 그린인프라의 유형을 빗물을 처리하는 방식에 따라 유량제어, 저류, 저장, 여과, 침투, 처리의 6가지 방식으로 분류하였고, 이러한 각각의 강우처리방식에 적합한 21가지의 그린인프라 시설을 제시하였다.

37)저영향개발(Low Impact Development)은 그린인프라에 포함되는 개념으로 볼 수 있으므로 문맥상 책의 본문에서 사용한 저영향개발 대신에 그린인프라로 용어를 대체하였다.

38)University of Arkansas Community Design Center, *Low Impact Development: A Design Manual for Urban Areas* (Fayetteville: University of Arkansas Press, 2010), p. 22.



〈그림 2-4〉 강우처리 방식에 따른 그린인프라의 유형 분류

자료: University of Arkansas Community Design Center, Low Impact Development: a design manual for urban areas, 2010, pp.142~143.

첫째, 유량제어는 대형관로, 유량조절장치를 포함하고, 둘째, 저류시설은 건식수로, 저류연못을 포함한다. 셋째, 저장시설은 빗물저장, 인공연못을 포함하고, 넷째, 여과시설은 식생수로, 옥상녹화, 벽면녹화를 포함한다. 다섯째, 침투시설은 침투트렌치, 투수성포장, 레인가든을 포함하고, 여섯째, 처리시설은 인공습지, 식생수로를 포함한다. 구체적인 내용을 살펴보면 아래의 표와 같다.

〈표 2-3〉 강우처리 방식에 따른 그린인프라 기술요소

유형	시설명	내용
유량조절	대형관로 (Oversized Pipes)	대형관로는 침투유출량의 비율을 줄이기 위해서 필요로 하는 것 보다 더 큰 크기의 지하관로 시스템을 의미한다.
	유량조절장치 (Flow control devices)	유량조절장치는 집중되는 강우유출량을 분산시켜 침투배출량을 저감시키기기 위해서 사용된다.
저류	건식수로 (dry swale)	건식수로는 하천으로 이동하는 강우유출수를 여과하고, 약화시키고, 지체시킬 수 있는 식생이 조성된 개수로의 형태이다.

	지하저류 (underground detention)	지하저류시스템은 강우유출수가 관로시스템으로 유입되기 전에 일시적으로 유출수를 저장할 수 있다.
	일시저류연못 (detention pond)	일시저류연못은 관로시스템이나 하천으로 배출되기 전에 일시적으로 빗물을 저장하고 강우유출수를 저류시키기 위한 시스템이다.
저장	습식볼트 (wet vault)	습식볼트는 저장시설이 유지될 수 있는 장소에 강우유출수를 저장하기 위한 지하구조물이다.
	빗물저장 (rainwater harvesting)	빗물저장은 지붕으로부터 발생하는 강우유출수를 차집, 저장, 재사용하기 위해 설치되는 시설이다.
	상시저류연못 (retention pond)	상시저류연못은 생물학적으로 처리된 빗물을 저장하기 위한 인공적인 강우연못이다.
여과	식생여과대 (filter strip)	식생여과대는 강우유출수를 표면유출로 변경하여 유속을 약화시킬 수 있는 경사지이다. 주로 주차장, 도로와 같은 불투수층 지역과 평행하게 배치된다.
	지하모래여과 (underground sand filter)	지하모래여과시설은 초기 강우유출수를 처리하고, 여과하고, 일시적으로 저장하는 시설이다.
	표면모래여과 (surface sand filter)	표면모래여과시설은 초기 강우유출수의 오염원을 처리하기 위해서 유출분리기, 침전취수지, 모래여과대를 활용한다.
	벽면녹화 (Vegetated Wall)	벽면녹화는 건물의 벽면에 식생과 토양, 무기물 등으로 구성되어 옥상으로 떨어지는 빗물을 벽면녹화를 통해 여과할 수 있다.
	옥상녹화 (vegetated roof)	옥상녹화는 건물의 옥상에 식생, 토양, 무기물 등으로 구성되어 옥상으로 떨어지는 빗물을 옥상녹화를 통해 흡수, 저류, 여과 할 수 있다.
침투	투수성포장 (pervious paving)	투수성포장은 포장면을 통해서 빗물이 지반으로 흘러들 수 있도록 한다. 보행로, 도로, 광장 등에 다양하게 적용될 수 있다.
	침투트렌치 (infiltration trench)	침투트렌치는 침투량을 증가시키기 위해 일련의 침전지 위에 개수로의 형태로 구성된다.
	수목상자필터 (Tree Box Filter)	수목상자필터는 자갈층, 개량토, 수목으로 구성된다. 상자필터에 수목의 뿌리와 토양층은 강우유출수를 여과하고 흡수할 수 있다.

	레인가든 (rain garden)	레인가든은 강우유출수를 침투시키고 여과시킬 수 있다. 레인가든은 침투를 위해 유기모래토양을 사용하고 자생식물을 권장한다.
	수변완충대 (riparian buffer)	수변완충대는 생태적으로 중요한 하천의 제방을 따라 강우유출수의 오염원을 여과하고 침투시키기 위해 조성된 식생지역이다.
처리	식생수로 (bioswale)	식생수로는 강우유출수의 처리와 이동을 위해 개방형의 경사진 식생수로이다. 이를 통해서 식생수로는 유출수의 배수시설에 드는 비용을 줄인다.
	침투연못 (infiltration Basin)	침투연못은 강우유출수를 일시적으로 저류시키고 지반으로 침투시키기 위해 투수성 토양으로 구성된다.
	인공습지 (constructed wetland)	인공습지는 오염된 강우유출수를 처리하기 위해 다양한 생태적 서비스를 제공하는 인공적인 습지이다.

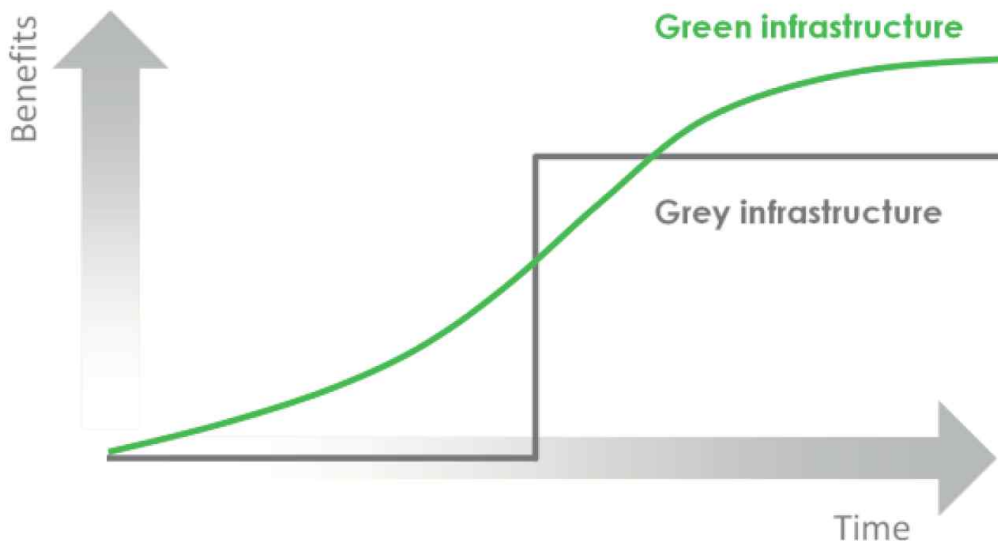
자료: University of Arkansas Community Design Center, Low Impact Development: a design manual for urban areas, 2010, pp.142-197 를 참조하여 작성

이와 같이 집수시설, 관로, 배수시설 등 대규모의 구조적 시설에만 의존하는 기존의 회색인프라와 달리 그린인프라는 습식볼트, 지하저류시설, 빗물저장시설, 투수성포장 등의 소규모의 분산식 빗물관리시설을 활용하는 공학적인 방식과 레인가든, 옥상녹화, 식생수로, 침투연못, 인공습지 등 식생, 토양, 무기물 등을 활용하는 생물학적인 방식 모두를 포함하여 도시에서 발생되는 강우유출수를 자연적인 방식으로 저류, 저장, 여과, 침투시켜 도시의 자연적 물순환을 회복하는데 주요한 역할을 할 수 있다.

제3절 도시 물순환을 위한 그린인프라스트럭처 편익

1. 그린인프라스트럭처의 지속가능한 편익

도시 물순환 관리를 위한 그린인프라는 강우유출수를 저감시키고, 오염을 완화시켜 수질을 향상시키는 것 이외에 도시열섬효과 완화, 여가·휴양 기회 제공, 삶의 질 향상, 생태계 복원, 생물서식지 제공, 대기질 향상, 에너지 사용 절감, 이산화탄소 흡수, 기후변화의 완화와 적응 등 회색인프라가 제공할 수 없는 지속가능한 사회적, 환경적, 경제적 편익들을 즉각적으로 그리고 점증적으로 제공할 수 있다.



〈그림 2-5〉 그린인프라(곡선)와 회색인프라(직선) 편익 비교 다이어그램

자료: New York City Department of Environmental Protection, NYC Green Infrastructure Plan: A Sustainable Strategy for Clean Waterway, 2010, p.9.

이에 미국환경보호청은 그린인프라를 “환경적 위기에 대응하는 비용효과적이며, 지속가능하며, 다차원적인 환경적 성과를 제공할 수 있다”³⁹⁾고 주장하고, 그린인프라가 제공하는 편익을 수질 및 수량, 대기질, 에너지와 기후변화, 서식처와 야생생물, 커뮤니티와

39)New York City Department of Environmental Protection, *Green Infrastructure Plan: A Sustainable Strategy for Clean Waterways* (Retrieved from http://www.nyc.gov/html/dep/pdf/green_infrastructure/NYCGreenInfrastructurePlan_LowRes.pdf, 2010), p. 1.

거주성으로 분류하여, 이들이 어떻게 편익을 제공하는지에 대하여 기술하고 있다. 구체적으로 첫째, 수질 및 수량에는 수질 향상, 홍수 저감, 물 공급 증대, 사적/공적 비용 절감 등을 포함한다. 둘째, 대기질에는 지상오존농도 저감, 미세먼지 저감, 건강성 향상을 포함한다. 셋째, 에너지와 기후변화에는 도시열섬효과 완화, 에너지 사용 저감, 기후변화 적응과 완화, 물/에너지 관계를 포함한다. 넷째, 서식처와 야생생물에는 서식처 제공, 서식처 연결을 포함한다. 다섯째, 커뮤니티와 적주성에는 녹색일자리 창출, 건강성 편익, 레크레이션 증대, 자산가치 상승을 포함한다. 구체적인 내용을 살펴보면 아래의 표와 같다.

〈표 2-4〉 미국환경보호청에서 제시한 그린인프라 편익의 유형

분류	편익	내용
수질과 수량	수질 향상	빗물을 저장함으로서 그린인프라는 강우유출수의 배출을 줄일 수 있고, 배출량의 저감은 CSO와 오염원을 줄일 수 있다.
	홍수 저감	회색인프라는 빗물을 강과 하천으로 빠르게 보냄으로서 침투유출량과 홍수위험도를 증가시키지만, 그린인프라는 빗물의 배출을 저감시킴으로서 홍수위험도를 완화시킬 수 있다.
	수자원 공급 증대	빗물저장과 침투는 물공급의 효율성을 증가시키고, 저장된 빗물은 관개용수로 사용될 수 있으며 이는 수자원의 사용을 크게 줄일 수 있다. 또한 지반으로 침투된 빗물은 중요한 수자원인 지하수를 충전할 수 있다.
	사적/공적 비용 절감	그린인프라에 의한 빗물관리는 관로, 배수시설 등 회색인프라에 투자되는 비용을 절감시켜 개발비용을 낮추고, 합류식하수시설 유역에 조성되는 그린인프라는 기존의 회색인프라에 비해 비용이 덜 소요된다.
대기질	지상오존농도 저감	일반적으로 지상오존이나 스모그는 여름철에 악화되고 이는 기관지관련 질병을 유발시킨다. 하지만 그린인프라는 대기온도를 낮춰줌으로서 오존농도를 저감시키고 건물의 냉방을 위한 에너지 소비를 줄여 전력생산으로 배출되는 유해물질을 저감시킨다.
	미세오염물질 저감	미세오염물질은 대기중에 부유하는 미세한 먼지, 화학, 금속 등의 물질들로, 이러한 미세오염물질은 기관지에 유입되어 심각한 건강 문제를 일으킬 수 있다. 하지만 그린인프라의 식생과 토양은 이러한 미세오염물질을 흡수하고 저감시킬 수 있다.
	건강성 향상	오존, 미세오염물질 등은 호흡기 질환을 일으킨다. 그린인프라 조성으로 인한 녹지량의 증가는 오존과 미세오염물질을 줄이고 이는 지역민의 건강을 향상시킬 수 있다.

에너지와 기후변화	도시열섬현상 완화	도시열섬현상은 열을 흡수하고 저장하였던 기존의 자연지역이 포장면, 건물 등으로 교체되면서 발생된다. 하지만 수목, 옥상녹화 등의 그린인프라는 건물에 차양을 제공하고, 태양복사열을 차단하고, 대기중으로 수증기를 방출하여 도시를 냉각시킬 수 있다.
	에너지 사용 저감	옥상녹화와 가로수 등의 그린인프라는 대기온도를 저감시키고 건물에 차양을 제공하고 단열의 효과를 제공함으로써 건물에 사용되는 냉난방 수요를 줄일 수 있다.
	기후변화에 적응과 완화	그린인프라는 폭우를 처리하기 위해 배수시스템의 수용력을 증대시키고, 가뭄시에는 물공급시스템의 복원력을 향상시키며, 도시열섬현상을 완화함으로써 기후변화에 적응하는데 도움을 준다. 또한 식생은 대기중에 온실가스를 흡수함으로써 기후변화를 완화시킬 수 있다.
	물/에너지 관계	상하수를 처리하고 이동시키기 위해서는 많은 에너지가 소비된다. 그린인프라는 하수시스템으로 유입되는 빗물을 줄이고, 지하수를 충전하고, 수자원을 보존함으로써 에너지 사용을 줄일 수 있다.
서식처와 야생생물	서식처 제공	도시환경에서 식생은 다양한 동식물에게 서식처를 제공한다. 옥상녹화와 같은 작은 식생패치일지라도 다양한 새와 곤충을 위한 서식처를 제공한다. 또한 수변완충대와 같은 그린인프라는 침식과 퇴적작용을 완화시킴으로써 하천에 서식처 환경을 향상시킨다.
	서식처 연결	규모가 큰 공원, 그린웨이 등의 그린인프라는 동식물의 서식처를 제공하고 야생동물의 이동을 도와주며 야생동물 개체군을 서로 연결시켜준다.
커뮤니티와 거주성	녹색일자리 창출	그린인프라는 많이 공적비용이 소요되는 기반시설의 건설비용을 줄이고, 이를 대신하여 그린인프라의 조성과 유지관리를 위한 녹색일자리를 창출한다.
	건강성 편익	그린인프라로 증대된 녹지와 공원은 비만을 줄이고 심장병, 고혈압, 뇌졸중, 당뇨병과 같은 만성적인 질병을 예방할 수 있는 야외 활동을 촉진한다.
	레크레이션 기회 제공	공원, 그린웨이, 하천 등의 그린인프라는 도시에서 레크레이션 활동의 기회를 제공한다.
	자산가치 상승	그린인프라를 조성하여 녹지량을 증가시키고 재해를 예방함으로써 주변지역의 자산가치를 높일 수 있다.

자료: 미국환경보호청 그린인프라 홈페이지 http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/gi_why.cfm 를 참조하여 작성

2. 그린인프라스트럭처의 다차원적 편익

2012년 4월에 American Society of Landscape Architects, American Rivers, ECONorthwest, Water Environment Federation에서 공동으로 연구한 *Banking On Green: A Look at How Green Infrastructure Can Save Municipalities Money and Provide Economic Benefits Community-wide*에서는 북미에서 수행된 그린인프라와 관련된 기존의 연구들을 토대로 그린인프라가 회색인프라에 비해 비용효과적이며, 옥상녹화, 가로수, 빗물저장시설 등의 그린인프라를 통해 에너지 소비를 줄일 수 있고, 레인가든, 습지 등의 그린인프라는 저류와 침투를 통해서 도시홍수와 침수피해의 비용을 줄일 수 있으며, 도시의 가로수, 공원 등의 그린인프라는 질병을 예방하고 지역경제를 보호함으로써 건강한 지역 사회를 만들 수 있다는 사실을 보여준다.

이에 대해 구체적으로 살펴보면 옥상녹화는 옥상표면에 그늘을 제공하고 대기로 방출되는 열을 흡수하며 옥상녹화에 사용되는 식생의 뿌리와 토양을 통해서 빗물을 흡수하고 증발산 작용에 의해서 주변의 대기온도를 낮출 수 있다. 예를 들어 플로리다에서 수행한 연구에 따르면 56℃에 이르는 주변의 기존 옥상표면 온도에 비하여 옥상녹화를 조성한 건물옥상의 평균 표면온도는 30℃에 머물렀다. 또한 뉴욕시에서 수행한 연구에 따르면 뉴욕시 전체 건물옥상 면적의 50퍼센트를 옥상녹화로 조성할 경우 뉴욕시 전체의 평균온도를 0.8℃ 이상 낮출 수 있다고 추정하였다. 또한 고밀의 도심지에 옥상녹화, 가로수 등의 그린인프라 조성을 통한 녹지공간의 증가는 그린인프라의 수목과 식물, 토양 등을 통해 이산화질소, 오존, 이산화황과 같은 대기 오염물질을 제거하여 도시지역의 대기질을 향상시킬 수 있다. 이산화질소, 오존, 이산화황과 같은 오염물질은 기관지염, 폐기종과 같은 호흡기 질환을 악화시키고 천식을 유발시킬 수 있다. 2008년 보고한 포틀랜드의 자료에 따르면 오래건 주에 옥상녹화 0.1m²는 대기중에 있는 0.04파운드의 먼지와 미립물질을 제거할 수 있고, 약 3,716m²의 옥상녹화는 연간 대기중에 있는 미립자물질 1,600파운드를 제거할 수 있으며 이는 연간 3,024달러의 의료비용을 절감하는 것으로 추정하였다. 시카고에서도 전체 건물의 10퍼센트를 옥상녹화로 조성하였을 때 연간 17,400Mg의 이산화질소를 제거할 수 있고, 이로 인하여 연간 29.2백만 달러에서 111백만 달러의 공공의료비용을 절감할 수 있다고 추정하였다.⁴⁰⁾

40)American Rivers, the Water Environment Federation, the American Society of

CCAP(Center For Clean Air Policy)에서 2011년에 발간한 *The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation* 에 따르면 그린인프라 접근의 적용성은 건물, 부지, 근린에서부터 지역, 도시까지 다양한 차원에서 적용가능하다. 또한 그린인프라 전략은 크고 집중적인 대규모 스케일의 프로젝트에서도 실행될 수 있고, 개별 부지에 작고 분산적인 소규모 스케일의 프로젝트에도 실행될 수 있다. 이에 따른 그린인프라의 편익은 건물이나 부지차원에서 개별 자산소유자들이 사적으로 얻을 수도 있지만, 수많은 개별 자산소유자들에게 그린인프라의 편익이 확산된다면 전체적인 편익은 커뮤니티, 도시, 지역, 국가에까지 영향을 미칠 수 있다고 주장한다.⁴¹⁾

이 보고서에 따르면 그린인프라는 강우유출수이나 열섬을 조절하는 것과 같은 단일의 목적으로 실행될 수 있지만, 그린인프라가 제공하는 순편익은 이들이 제공하는 다차원적인 편익을 분석함으로써 평가될 수 있다. 예를 들어 수목은 빗물을 여과하고, 강우유출수를 저감시킴과 동시에 도시열섬효과를 완화시키며, 대기질을 향상시킬 수 있고, 이산화탄소를 흡수하고 저장하며 냉방에 사용되는 에너지 소비를 줄일 수 있도록 그늘을 제공한다. 이를 통해 온실가스 배출을 저감시킴으로서 기후변화를 완화시키는데 도움을 줄 수 있다.⁴²⁾

CNT와 American Rivers에서 2010년에 공동으로 연구한 보고서인 *The Value of Green Infrastructure: A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits*에서는 그린인프라를 “빗물이 떨어진 지역에서 이를 저장하고 침투시켜 강우유출수를 저감하고 주변 하천의 건강성을 향상시키기 위한 옥상녹화, 수목, 레인가든, 투수성포장과 같은 분산식 강우관리시스템의 네트워크”⁴³⁾로 정의한다.



















Landscape Architects and ECONorthwest, *Banking On Green: A Look at How Green Infrastructure Can Save Municipalities Money and Provide Economic Benefits Community-wide* (Retrieved from http://www.asla.org/uploadedFiles/CMS/Government_Affairs/Federal_Government_Affairs/Banking%20on%20Green%20HighRes.pdf, 2012), pp. 31-2.

41)J. Foster, A. Lowe, and S. Winkelman. *The value of green infrastructure for urban climate adaptation* (-: Center for Clean Air Policy, 2011), p. 3.

42)Ibid., pp. 3-5.

43)Danielle Gallet, *The Value of Green Infrastructure: A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits* (WEFTEC, 2010), p. 1.

이에 기초하여 그린인프라의 유형을 옥상녹화, 수목식재, 생태저류와 침투시설, 투수성포장, 빗물 저장으로 한정하고, 이들이 각각 제공할 수 있는 강우유출수 저감, 에너지 사용 저감, 대기질 향상, 이산화탄소 저감, 대기열섬효과 완화, 지역거주성 향상, 서식처 제공, 공공교육의 기회 제공 등의 다차원적 편익에 대하여 분석하였다.

Benefit	Reduces Stormwater Runoff				Increases Available Water Supply	Increases Groundwater Recharge	Reduces Salt Use	Reduces Energy Use	Improves Air Quality	Reduces Atmospheric CO ₂	Reduces Urban Heat Island	Improves Community Livability					Improves Habitat	Cultivates Public Education Opportunities
	Reduces Water Treatment Needs	Improves Water Quality	Reduces Grey Infrastructure Needs	Reduces Flooding								Improves Aesthetics	Increases Recreational Opportunity	Reduces Noise Pollution	Improves Community Cohesion	Urban Agriculture		
Practice																		
Green Roofs	●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	●
Tree Planting	●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	●
Bioretention & Infiltration	●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	●
Permeable Pavement	●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	●
Water Harvesting	●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	●

● Yes ○ Maybe ○ No

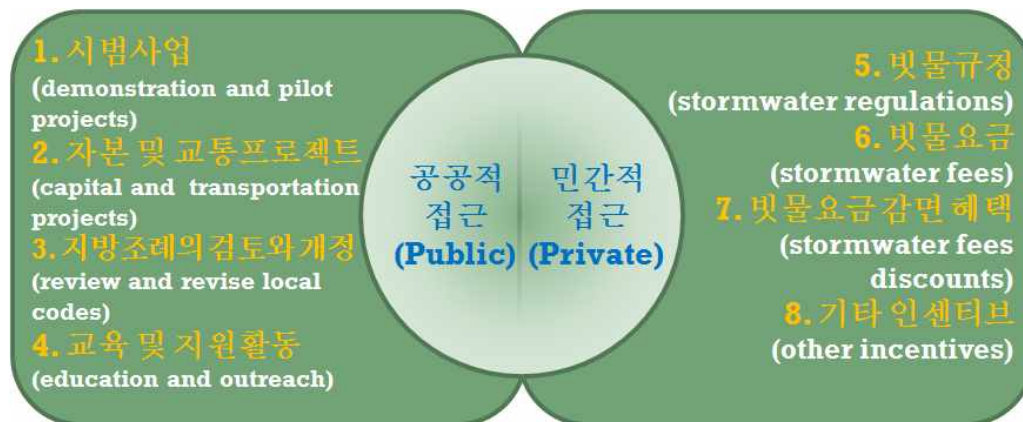
〈그림 2-6〉 그린인프라의 유형에 따라 제공하는 다차원적 편익 다이어그램

자료: The Value of Green Infrastructure: A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits, 2010, p.3.

이와 같이 옥상녹화와 가로수 등의 그린인프라는 식생을 통해 이산화질소, 오존, 이산화황 등 대기중의 오염물질을 제거하여 대기질을 향상시키고, 증발산을 통해 주변의 대기온도를 낮춰 도시열섬현상을 완화시켜 에너지 사용을 저감시키며, 열섬으로 인해 질병과 사망자로 유발되는 경제적 비용을 절감시킬 수도 있다. 또한 도심지에 공원과 녹지공간을 제공함으로써 도시민의 건강을 향상시키고, 수목과 식생은 대기 중에 배출된 이산화탄소를 흡수하여 온실가스를 저감시킴으로서 기후변화를 완화시키는 등의 사회적, 환경적, 경제적 편익들을 다차원적으로 제공할 수 있다.

제4절 도시 물순환을 위한 그린인프라스트럭처 정책

그린인프라를 조성하기 위해서 지방정부는 다양한 정책을 수립하고 시행할 수 있다. 2010년 8월 미국환경보호청에서 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀, 시카고, 산타모니카, 르벡사, 올림피아, 에머리빌 등 북미에 12개의 도시를 대상으로 각각의 지방정부가 수립하고 있는 그린인프라 정책에 관해 연구한 보고서인 *Green Infrastructure Case Studies: Municipal Policies for Managing Stormwater with Green Infrastructure*에 의하면 포틀랜드, 시애틀, 필라델피아 세 도시가 다양한 그린인프라 정책을 가장 선도적으로 시행하고 있는 것으로 조사되었다. 또한 지방정부가 그린인프라 조성을 위해 실행할 수 있는 정책수단으로는 빗물규정, 지방조례 개정, 시범사업, 자본 및 교통프로젝트, 교육 및 지원활동, 빗물요금, 빗물요금 감면, 기타 인센티브 등 8가지의 그린인프라 정책적 수단을 제시하였다.⁴⁴⁾



〈그림 2-7〉 그린인프라 조성을 위한 정책수단

이에 본 절에서는 미국환경보호청에서 제시한 북미에서 가장 선도적인 그린인프라 정책을 수행하고 있는 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀의 세 도시를 대상으로 그린인프라 규정 및 지방조례 개정, 시범사업, 빗물요금, 인센티브 등 그린인프라 조성 및 실행을 위해 각 지방정부에서 수립하고 있는 그린인프라 정책에 대한 구체적인 내용과 최근 국내에서 그린인프라와 관련된 다양한 정책들을 선도적으로 시행하고 있는 서울시의 그린인프라 관련 정책과 비교분석하여 향후 국내 지자체의 그린인프라 정책 수립에 있어 시사점을 제공하고자 한다.

44)U.S. Environmental Protection Agency, *op. cit.*, pp. 4-5.

1. 그린인프라스트럭처 실행을 위한 빗물규정 및 지방조례

미국환경보호청에 따르면 빗물규정은 그린인프라 실행을 위해 가장 일반적으로 사용하는 정책적 수단 중 하나이다. 이에 미국의 많은 도시는 개발사업, 재개발사업 모두에 있어 대상지에서 발생하는 빗물의 일정량을 대상지 내에서 처리할 수 있는 그린인프라 시설의 설치를 요구하고 있다.⁴⁵⁾

필라델피아 시정부는 2006년에 새로운 개발이나 최소한 15,000제곱피트 이상의 재개발사업에 있어 강우의 초기 1인치를 부지 내에서 처리하는 새로운 조례를 채택하였고, 이것은 가능하다면 침투를 통해서 달성되어야 한다. 그렇지 않을 경우 기술적으로 침투가 불가능하다는 것을 입증하여야 한다. 이를 입증할 경우 강우의 초기 1인치 중 침투하지 못하는 양의 20퍼센트(합류식하수시설 지역) 또는 100퍼센트(분류식하수시설지역)를 플랜터박스, 생태저류지, 옥상녹화, 빗물저장 등의 그린인프라 시설을 활용하여 강우유출수를 처리하도록 요구한다.⁴⁶⁾

포틀랜드 시정부는 불투수층 지면이 500제곱피트가 넘는 개발사업, 재개발사업 또는 대상지 밖으로 빗물을 배출하는 기존 부지에 대하여 오염저감과 유량조절요건을 준수하는 것을 요구한다.⁴⁷⁾ 시애틀의 경우에도 2,000제곱피트 이상의 신규와 교체되는 불투수성 지면에는 그린인프라 시설을 설치하도록 요구하고, 불투수층 면적이 10,000제곱피트가 넘는 대상지는 유량제어성능을 입증해야 한다는 규정을 수립하였다.⁴⁸⁾

서울시의 경우에는 최근 2013년 9월에 도시화로 인한 침수피해의 증가, 열섬현상의 악화, 지하수위 저하 등 도시 물순환의 왜곡으로 인한 문제점을 해결하기 위해 ‘「빗물관리에 관한 조례」 전부개정안’을 입법예고하였다. 전부개정 조례안은 총 7개 장에 34개 조문으로 구성되어 있으며, 빗물 침투와 저류시설을 도입하는 등 개발로 인한 물순환 왜곡을 최소화하기 위한 저영향개발의 개념을 담고 있다. 또한 전부개정 조례안은 「서울특별시 물관리 회복 및 저영향개발 기본조례」로 명칭을 변경하고 다양한 빗물침투와 저류

45)Ibid., p. 13.

46)Noah Garrison, Karen Hobbs and Natural Resources Defense Council, *Rooftops to Rivers II: Green Strategies for Controlling Stormwater and Combined Sewer Overflows* (New York: Natural Resources Defense Council, 2011), p. 72.

47)U.S. Environmental Protection Agency, *op. cit.*, p. 54.

48)Ibid., p.16.

시설의 확대 방안과 물 재이용을 활성화하기 위한 정책 등을 포괄하는 내용을 담고 있다.⁴⁹⁾

개정된 조례안에는 구체적으로 빗물관리계획을 10년 주기로 수립하도록 명시하고, 빗물분담량을 산출하여 빗물관리시설 설치 기준을 제시하도록 하였다. 시 전역에 대한 빗물관리시설 설치의 정량적 목표 및 기준을 마련하도록 요구하고, 빗물관리시설의 설치 의무를 신설하고, 설치 권고 대상을 확대하도록 하였다. 또한 자연 물순환 회복과 빗물침투시설의 성능유지를 위해 투수지속성 검증시험의 인증을 받은 시설을 우선 설치하도록 하여 빗물침투시설의 지속성을 확보할 수 있도록 하였다.

〈표 2-5〉 서울특별시 빗물관리에 관한 조례 전부개정안 주요내용 중 일부

조항	개정안 내용
안 제5조	빗물관리기본계획 수립의 기준 구체화 -빗물관리기본계획을 10년 주기로 수립하도록 명시하고, 빗물분담량을 산출하여 빗물관리시설 설치 기준을 제시하도록 함
안 제7조~ 제10조	저영향개발 유도를 위한 방안을 신설 -저영향개발 사전협의 제도 시행을 통한 빗물분담량 적용의 실효성 확보 -빗물관리 집중을 통한 재해예방의 극대화, 물환경 및 물관리 회복을 위한 저영향개발 지구단위계획구역 지정 근거 마련
안 제11조~ 제12조	자연 물관리 회복을 위하여, 빗물관리시설의 설치 의무를 신설하고, 설치 권고대상을 확대 - 「관광진흥법」 제2조제6호 및 제7호에 따른 관광지 및 관광단지 개발사업 등 44개 사업에 대한 빗물분담량 적용 의무화 - 「자연재해대책법」 제5조에 따른 사전재해영향성 검토협의대상 등 빗물관리시설 설치 권고대상을 확대
안 제30조	투수성능 지속성 확보를 위한 방안 마련 -빗물침투시설의 성능유지를 위해 투수지속성 검증시험의 인증을 받은 시설을 우선 설치하도록 하여 빗물침투시설의 지속성을 확보함

자료: '서울특별시 물관리 회복 및 저영향개발 기본조례안' 공청회 자료집, 2013, pp5-6 를 참조하여 작성

이와 같이 그린인프라 실행을 위해 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀의 세 도시 모두 개발사업, 재개발사업 모두에 빗물침투와 그린인프라의 설치를 요구하는 구체적인 조례를 제정하여 시행하고 있다. 최근 서울시도 2013년 9월에 기존의 「빗물관리에 관한 조례」의 전부개정을 통해 침투, 저류시설의 확대방안 등을 포괄하는 조례를 입법예고하였고, 서울시 본회의에서 2013년 12월 20일에 이를 수정가결 처리하여 2014년 2월 9일부터 시행 예정에 있다.

49)서울특별시, 앞에 든 책, p. 4.

2. 그린인프라스트럭처 도입과 확대를 위한 시범사업

그린인프라 시범사업은 지방정부의 주요한 정책 프로그램으로 그린인프라를 도입하기 위한 가장 일반적인 방법 중 하나이다. 시범사업은 관계부처의 공무원들과 다양한 이해당사자들에게 그린인프라의 설계, 시공, 유지관리에서부터 기본적인 인허가까지 그린인프라의 구성과 실행을 이해할 수 있도록 도움을 주고, 시범사업의 시행착오를 통해 더 발전된 정책과 프로그램을 개발하고 개선할 수 있도록 한다. 또한 작은 규모의 시범사업은 향후 도시전역의 적용성을 목적으로 할 수 있다.⁵⁰⁾

시애틀의 그린인프라 시범사업으로서 1990년대 후반부터 도시에서 가장 많은 불투수층 면적을 차지하는 도로와 가로공간을 대상으로 자연배수시스템을 조성하기 시작하였다. 자연배수시스템은 개발이전의 수문학적 기능을 모사하여 강우유출수를 저감시키기 위한 대안적 가로디자인과 식생 최적관리기법을 활용한다. 또한 이러한 자연배수시스템 시범사업은 계획, 설계, 시공에서부터 자연배수시스템의 중요성과 편익에 대한 공공교육까지 실행의 모든 단계에 지역사회 구성원들을 참여시키고 있다.⁵¹⁾

포틀랜드의 그린스트리트⁵²⁾ 시범사업은 포틀랜드의 그린인프라 구성에 있어 가장 주요한 프로그램 중 하나이다. 포틀랜드 시정부는 2003년에 처음으로 조성된 시스키유 그린스트리트(NE Siskiyou Green Street) 시범사업 이후 다양한 그린스트리트 프로젝트를 진행하였고, 2007년 이후에는 시정부가 지원하는 모든 개발사업과 재개발사업에 대상지 내에서 강우를 처리할 수 있도록 요구하는 ‘그린스트리트 정책’으로 채택되어 도시전역으로 확대되었다. 이를 통해 포틀랜드에는 2010년 말까지 약 950개의 그린스트리트 시설이 조성되었다.⁵³⁾

국내의 경우 지난 2013년 4월에는 서울시청 서소문 별관에 지붕저류를 설치함으로써 집중호우 시 빗물을 옥상에 저류하여 배수시설로의 유출량을 지연시킬 수 있는 지붕저류 시범사업을 발표하였다. 서울시는 “지붕저류를 통해 약 900m² 규모의 서소문청사 옥상에

50)U.S. Environmental Protection Agency, *op. cit.*, p. 18.

51)Noah Garrison, Karen Hobbs and Natural Resources Defense Council, *op. cit.*, p. 97.

52)포틀랜드의 그린스트리트 프로그램(Green Streets Program)에 대한 자세한 내용은 <http://www.portlandoregon.gov/bes/44407> 을 참조할 수 있다.

53)Noah Garrison, Karen Hobbs and Natural Resources Defense Council, *op. cit.*, pp. 86-7.

빗물을 최대 5cm까지 담을 수 있어, 시간당 50mm의 강우 시 강우유출을 4시간까지 지연시킬 수 있을 것으로 예상하고 있다. 향후 지속적인 모니터링을 통해 효과를 분석한 뒤 기타 공공건물과 학교 등을 대상으로 단계적으로 확대할 계획”⁵⁴⁾이라고 밝혔다.



〈그림 2-8〉 서울시청 서소문 별관 지붕저류 조성 후 이미지

자료: 서울시 도시안전실 물관리정책과, “서소문청사 옥상에 빗물 담는 ‘Blue roof’ 만든다” 보도자료, 2013년 4월 29일, pp.4-5.

또한 지난 2013년 7월 서울시에서는 옥상녹화와 빗물저류조의 기능을 결합한 ‘녹화저류지붕(Green+Blue Roof)’을 종로구 청운중학교에 처음으로 시범 설치한다고 발표하였다. 서울시의 발표에 따르면 “도입규모는 청운중학교의 옥상면적의 285.5m²으로 시간당 95mm의 비가 올 경우 옥상부지에 내린 빗물이 유출되는 것을 대부분 막을 수 있을 것으로 전망하고 있다. 또한 이러한 녹화저류지붕은 하부에 빗물저류공간이 조성되어 있어 소량의 빗물을 서서히 배출해 비워두는 방식으로 연속적인 장마에도 대비할 수 있을 것으로 예상하고 있다.”⁵⁵⁾

이와 같이 북미의 경우 1990년대 후반부터 시작된 시애틀의 자연배수시스템 시범사업과 2000년대 초반에 조성되기 시작한 포틀랜드의 그린스트리트 시범사업 등 초기에 그린인프라의 도입과 확대를 위해 시행하였던 시범사업이 점차 도시전역 프로그램으로 확대되어 그린인프라 실행에 주요한 정책으로 정착하였다. 최근 서울시는 서울시청 지붕저류, 세종시 레인가든, 월드컵 공원의 빗물관리 주차장 등 다양한 그린인프라 시범사업을 시행 중에 있다. 따라서 서울시는 일회성이 아닌 향후 도시전역 프로그램으로 확대를 위한 재정적 지원과 정책적 의지가 필요하다.

54)서울시 도시안전실 물관리정책과, 앞에 든 글.

55)서울시 도시안전실 물재생계획과, “서울시, 청운중학교 옥상에 ‘녹화+빗물저류조’ 시범 도입,” 『서울시 보도자료』 (2013년 7월 23일).

3. 그린인프라스트럭처 교육 및 지원활동

그린인프라에 대한 교육과 지원활동은 도시에서 발생하는 빗물을 가능한 빨리 배수 시설로 흘려보내기보다는 오히려 자원으로써 빗물의 가치를 공공에게 알리기 위한 정책이다. 이를 위해 지방정부는 안내판, 브로셔 등을 통해 시민들이 빗물이용 및 침투를 위한 그린인프라 시설을 이해할 수 있도록 돕고, 그린인프라 조성과 관련된 공공캠페인, 이벤트, 간행물 등을 활용하여 시민들이 그린인프라를 통해 강우유출수를 저감시키고 수질 오염을 예방할 수 있도록 유도한다. 그린인프라에 대한 교육과 지원활동 중 가장 간단한 방법은 공공과 민간 프로젝트에 조성되는 그린인프라 시설에 안내판을 설치하는 것으로 그린인프라가 무엇이고 어떻게 작동하는지에 대한 정보를 제공함으로써 시민들이 그린인프라를 이해하고 그린인프라가 제공하는 다양한 편익을 인식할 수 있도록 한다.⁵⁶⁾

포틀랜드 시정부는 도심지 내에 조성된 옥상녹화, 레인가든, 그린스트리트 등의 다양한 그린인프라 프로젝트에 시민들과 관광객들이 방문할 수 있도록 도보와 자전거 투어 프로그램⁵⁷⁾을 운영하고 있다. 또한 옥상녹화의 설치, 관리, 운영 등의 교육과 지원활동을 위해 2009년에는 옥상녹화 핸드북⁵⁸⁾을 배포하였고 2010년에는 주택소유주들을 위한 옥상녹화 가이드북을 배포하였다.⁵⁹⁾ 또한 포틀랜드의 커뮤니티유역관리지원금⁶⁰⁾ 프로그램은 포틀랜드 환경부와 포틀랜드 주립대학의 파트너십으로 운영되는 프로그램으로 시민들에게 그린인프라 조성에 참여할 수 있도록 재정적인 지원과 기술적 도움을 제공하고 있다.

필라델피아 시정부의 경우에는 그린인프라의 설치와 활용에 대한 무료 워크샵에 참여하는 거주민들에게 빗물저장통을 제공하는 지원활동 프로그램을 운영하고 있다. 2012년 5월 기준으로 2,766개 이상의 빗물저장통을 제공하였고, 이를 통해 필라델피아는 연간 약 36,185m³의 빗물이 하수와 배수시설로 배출되지 않은 것으로 추정한다.⁶¹⁾

56)U.S. Environmental Protection Agency, *op. cit.*, p. 21.

57)포틀랜드는 시정부 차원에서 다양한 공공 투어 프로그램을 제공하고 있다. 이에 대한 자세한 내용은 <http://www.portlandoregon.gov/bes/34604?>을 참조할 수 있다.

58)옥상녹화 핸드북(Ecoroof Handbook)은 다음의 사이트를 통해서 다운로드 할 수 있다. <http://www.portlandoregon.gov/bes/article/259381>

59)Noah Garrison, Karen Hobbs and Natural Resources Defense Council, *op. cit.*, p. 87.

60)유역관리지원금사업(Watershed Stewardship Grant projects)에 대한 자세한 내용은 다음의 사이트를 참조할 수 있다. <http://www.portlandoregon.gov/bes/43077>

61)그린인프라 무료워크샵과 빗물저장통 무료제공에 대한 구체적인 내용은 다음의 사이트를

국내의 경우 서울시에서는 빗물을 수자원으로 활용하기 위해 2013년부터 소형 빗물 이용시설 설치비의 90%를 지원하는 정책을 시행중이며⁶²⁾, 소형 빗물이용시설에 한하여 지원중인 민간보조를 저류·침투시설 등 다양한 빗물관리시설 도입에 대한 지원제도를 신설하여 민간보급을 유도하기 위해서, 향후 침투통, 트렌치, 투수포장 등 침투시설 지원을 우선적으로 확대할 예정이다.⁶³⁾

또한 서울시는 “평소 빗물이용에 관심이 있으나 방법을 모르는 시민들과 빗물을 이용하고는 있지만 뜻대로 잘 되지 않는 시민들을 위해 ‘빗물이용 주치의’ 제도를 마련하고 올해 2013년 7월부터 활동에 들어간다고 밝혔다. 빗물주치의들은 빗물을 활용하고자 하는 시민들에 대한 생생한 자문과 상담역할을 수행하게 하고, 자신의 경험사례와 주의사항을 알려주며 이용 중인 시민들의 문제와 어려움도 함께 고민해 줄 예정이다.”⁶⁴⁾

이와 같이 그린인프라에 대한 교육 및 지원활동을 위해 필라델피아, 포틀랜드는 그린 인프라의 설치, 관리 등에 관한 무료 워크샵, 핸드북과 가이드북 배포, 그린인프라 투어, 빗물저장통 무료제공 등의 다양한 교육과 지원활동을 지속적으로 제공하고 있다. 최근 서울시는 빗물이용시설 설치비지원, 빗물이용주치의 제도 등을 운영 중이지만 다양한 그린 인프라 시설의 설치비 지원, 그린인프라 투어, 효과적인 안내판 설치 등 그린인프라 교육 및 지원을 위한 다양한 프로그램의 도입과 지속적인 재정적 지원이 필요하다.

4. 그린인프라스트럭처 재정지원을 위한 빗물요금

빗물요금은 지방정부가 빗물을 관리하기 위해 기반시설을 제공하고 환경을 보호하는데 재정적으로 영향을 받는다는 인식에서 시작되었다. 미국에서도 상하수도 요금과 달리 빗물관리를 위한 공공요금인 빗물요금은 상대적으로 새로운 개념이다. 빗물요금을 계산하기 위한 일반적인 방법은 불투수층 지면의 면적에 기초한 요금체계를 사용한다. 불투수층 지면에서 발생하는 강우유출수가 도시의 하수시설에 영향을 미치는 주요한 인자이기 때문에 이러한 불투수층 지면에 기초한 요금체계는 물소비량에 기초한 기존의 계산방식보다

참조할 수 있다. http://www.phillywatersheds.org/whats_in_it_for_you/residents/rainbarrel

62)서울시 도시안전실, 『건강한 물순환 도시 조성 종합계획 보고서』(서울: 서울특별시, 2013), p. 33.

63)같은 책, p. 34.

64)서울시 도시안전실 물관리정책과, "우리 집 빗물관리 도와주는 주치의 생긴다," 『서울시 보도자료』 (2013년 6월 26일).

공정한 요금산출방식으로 인식되고 있다.⁶⁵⁾

이에 포틀랜드, 시애틀, 필라델피아 모두 새로운 빗물요금을 도입하여 운영하고 있다. 필라델피아 시정부는 2010년에 비주거지역에 대한 새로운 빗물요금을 채택하였고, 빗물요금체계를 각각의 부지에서 발생한 빗물을 처리하기 위한 비용을 반영할 수 있는 필지 기반시스템을 사용함으로써 공정한 요금체계를 구축하기 위해 노력하고 있다. 요금률은 각 부지의 불투수층 양에 따라 설정되며, 빗물요금의 80퍼센트는 부지의 불투수층 면적에 기초하고, 20퍼센트는 부지의 연면적에 기초한다.⁶⁶⁾

국내에서는 최근 지자체를 중심으로 빗물요금의 도입에 관한 논의가 시작되었다. 서울시의 경우 지난해 2012년 9월 하수도 사업의 비용부담 기준과 주체를 명확히 하고, ‘독일식 빗물세’ 도입에 대한 관련 법령의 제·개정에 대한 합의를 도출하기 위해 정책 포럼을 개최⁶⁷⁾하였지만, 포럼에 참여한 각계의 전문가들 뿐 아니라 시민들 역시 아직 빗물요금에 대한 인식과 합의가 이루어지지 않고 있다. 하지만 권경호 외(2010)는 “유출수 처리 비용을 불투수면 원인자에게 부담시키는 독일의 이원화된 하수도 사용료 제도가 생태적인 도시 물순환을 촉진시키고, 요금 부과의 법적 형평성을 제고하며, 분산형 빗물관리 시설에 대한 경제성을 확보하는 좋은 사례”⁶⁸⁾임을 제시하였다. 또한 2013년 10월에 작성된 서울시의 ‘건강한 물순환 도시 조성 종합계획’에 따르면 향후 빗물관리 촉진과 물재이용 활성화를 위한 상하수도 요금 감면을 시행할 예정이고, 장기적으로는 ‘빗물요금제’ 도입을 통해서 발생원 관리 대안을 검토할 예정이다.⁶⁹⁾

국내에서 빗물요금의 도입은 아직까지 논의의 단계에 머물고 있고 향후 지속적으로 접근해야 할 것으로 보인다. 하지만 미국환경보호청에서 제시한 바와 같이 빗물요금은 빗물을 관리하고 그린인프라를 실행함에 있어 시범사업, 교육과 지원활동, 인센티브 등의 전 단계를 거치고 가장 마지막의 단계로서 시행되어야 할 정책으로 고려하고 있는 것처럼 주민과의 합의, 합리적인 요금체계 구축 등 이에 대한 신중한 접근이 필요하다.

65)U.S. Environmental Protection Agency, *op. cit.*, p. 21.

66)Noah Garrison, Karen Hobbs and Natural Resources Defense Council, *op. cit.*, p. 73.

67)서울시 도시안전실 물재생계획과, "시민·전문가·공무원 300명 모여 '독일식 빗물세' 도입 논의," 『서울시 보도자료』 (2013년 9월 4일).

68)권경호·허옥경, "하수도 사용료 부과의 법적 형평성 제고 방안: 독일의 이원화된 하수도 사용료 제도 도입의 필요성과 과제," 『지방행정연구』, 24(4), 2010, p.293.

69)서울시 도시안전실, 앞에 든 책, p. 35.

5. 그린인프라스트럭처 장려를 위한 인센티브

인센티브는 지방정부가 민간사업자들에게 그린인프라를 장려하기 위해 활용할 수 있는 가장 창조적인 정책 중 하나이다. 인센티브는 빗물규정에 적용을 받지 않는 부지에 대하여 빗물관리를 향상시키기 위해 지방정부의 한계를 넘어서 행동할 수 있도록 하고, 그린인프라가 조성되지 않았던 기존 부지에 그린인프라 설치를 장려할 수 있다. 새로운 개발사업에 그린인프라를 장려하기 위해서는 개발사업의 인허가, 개발규제, 필수요건 등을 활용할 수 있다.⁷⁰⁾

미국의 경우 일반적으로 지방정부에서 제공하는 그린인프라 조성을 위한 인센티브 프로그램에는 개발인센티브, 리베이트와 설비재정지원, 시상 및 승인 프로그램, 빗물요금 감면 등 4가지 유형이 있다.

〈표 2-6〉 그린인프라 조성을 위한 인센티브의 유형

유형	내용
개발 인센티브	-개발 인허가 과정에서 개발사업자에게 제공 -용도지역 상향, 신속한 인허가, 빗물필수요건의 완화 등을 포함
리베이트와 설비재정지원	-특정한 그린인프라 시설을 설치하는 자산소유주들에게 기금, 세금공제, 환급 등의 혜택을 제공 -특정한 지역, 지구에 필요로 하는 그린인프라 시설에 초점
빗물요금감면	-불투수층 면적에 기초하여 빗물요금을 요구 -자산소유주가 불투수층 면적을 저감시켜 공공서비스에 대한 필요를 줄일 수 있다면 지방정부는 빗물요금을 감면
시상 및 승인프로그램	-모범적인 프로젝트를 위한 시장(marketing)의 기회와 공공의 지원활동을 제공 -금전적인 혜택을 포함

자료: U.S. Environmental Protection Agency, Green Infrastructure Case Studies: Municipal Policies for Managing Stormwater with Green Infrastructure, 2010, p.23 를 참조하여 작성

첫째, 개발인센티브 프로그램은 친환경적인 부지설계와 건축물을 조성하는 개발사업자에게 다양한 인센티브를 제공하여 대상지 내 그린인프라를 창조적으로 실행하도록 장려한다.⁷¹⁾ 예를 들어 시카고의 녹색인증프로그램⁷²⁾의 경우 친환경 건축물 인증제도인 리더

70)U.S. Environmental Protection Agency, *op. cit.*, p. 23.

71)Ibid., p. 23.

72)시카고의 녹색인증프로그램(Green Permit Program)과 관련된 자세한 내용은 다음의 사

(LEED) 기준을 충족하는 프로젝트에 대해서는 개발사업의 신속한 인허가가 가능하도록 하였다.⁷³⁾ 포틀랜드는 건물에 옥상녹화를 조성할 경우 이에 상응하여 용적률을 높여주는 옥상녹화비율보너스⁷⁴⁾ 프로그램을 통해서 2011년 5월 기준으로 도심지 건물에 288곳 이상의 옥상녹화를 조성하였다.⁷⁵⁾

둘째, 리베이트와 설비재정지원 프로그램은 주택거주자, 자산소유주 등에게 직접 보조금을 지원하나 세금을 환급해주는 프로그램을 포함한다. 예를 들어 시애틀의 주거지역 레인와이즈⁷⁶⁾ 프로그램은 레인가든과 빗물저장시설을 설치하는 주택소유주들에게 세금감면 등의 인센티브를 제공한다. 시카고의 옥상녹화지원금 프로그램은 옥상녹화에 필요한 조성비용을 일정량 지원해 줌으로서 도시 전역에 약 232,257m² 가 넘는 옥상녹화를 추가적으로 조성할 수 있도록 하였다.⁷⁷⁾

셋째, 빗물요금감면 프로그램은 각각의 부지에 부과되는 빗물요금을 줄일 수 있도록 자산소유주들에게 그린인프라 조성의 기회를 제공한다. 이에 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀 등의 시정부는 자산소유주들이 불투수층 지면을 줄이거나 그린인프라를 조성함으로써 빗물요금을 줄일 수 있도록 한다.⁷⁸⁾ 필라델피아는 투수성포장, 옥상녹화와 같은 그린인프라를 조성한 부지의 소유주들은 불투수층 면적에 기초한 빗물요금의 100퍼센트까지 공제를 받을 수 있다.⁷⁹⁾ 포틀랜드 역시 청정하천보상⁸⁰⁾ 프로그램을 통해 자산소유자들이 그린

이트를 참조할 수 있다. https://www.cityofchicago.org/city/en/depts/bldgs/supp_info/overview_of_the_greenpermitprogram.html

73)U.S. Environmental Protection Agency, *op. cit.*, p. 23.

74)포틀랜드의 옥상녹화비율보너스(Ecoroof Floor Area Ratio Bonus)에 대한 자세한 내용은 다음의 사이트를 참조할 수 있다. <http://www.portlandoregon.gov/bes/48724>

75)Noah Garrison, Karen Hobbs and Natural Resources Defense Council, *op. cit.*, p. 87.

76)레인와이즈(RainWise)프로그램은 레인가든과 빗물저장시설을 설치하는 주택소유주들에게 세금감면 등의 인센티브를 제공하는 프로그램이다. 이에 대한 자세한 내용은 다음의 사이트를 참조할 수 있다. <http://www.seattle.gov/util/MyServices/DrainageSewer/Projects/GreenStormwaterInfrastructure/RainWise/index.htm>

77)U.S. Environmental Protection Agency, *op. cit.*, p. 24.

78)Ibid., p. 22.

79)Noah Garrison, Karen Hobbs and Natural Resources Defense Council, *op. cit.*, p. 73.

80)청정하천보상(Clean River Rewards) 프로그램에 대한 자세한 내용은 다음의 사이트를 참조 할 수 있다. <http://www.portlandoregon.gov/bes/41976>

인프라를 활용하여 빗물을 대상지 내에서 자체적으로 처리할 경우 대상지 내 빗물관리서비스의 100퍼센트까지 그리고 전체 빗물고지서의 35퍼센트까지 빗물요금을 감면하고 있다.⁸¹⁾ 시애틀 역시 그린인프라 구성에 인센티브 혜택을 제공하기 위해서 불투수층 지면으로부터 강우유출수를 관리할 수 있는 레인가든, 옥상녹화, 옥상정원, 투수성포장, 침투시스템 등 그린인프라 시설을 조성한 자산소유주들을 위한 빗물시설세금공제⁸²⁾ 프로그램을 운영하고 있다.⁸³⁾

국내의 경우 빗물요금에 관한 논의가 진행 중에 있는 단계이므로 아직까지 빗물요금 감면에 대한 직접적인 감면혜택은 주어지지 않는다. 하지만 서울시의 ‘건강한 물순환 도시 종합계획’에 따르면 현재 시행중인 빗물관리 등을 통한 용적률 인센티브의 실효성 강화를 위해 지구단위계획 및 공동주택 용적률 인센티브 개선을 추진할 예정이다. 이를 위해 지구단위계획 용적률 인센티브를 개선하여 ‘저영향개발 지구단위계획’ 수립지역은 저영향개발 항목을 신설 적용하며, 다른 항목보다 우선 적용하도록 할 예정이다. 또한 공동주택 용적률 인센티브 확대를 위해 친환경 최우수등급 및 빗물분담량 만족시 용적률 인센티브를 3%에서 4%로 상향하고, ‘주택정비사업 빗물관리 가이드라인’을 공동주택 심의기준으로 활용할 예정이다.⁸⁴⁾

이와 같이 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀 세 도시 모두 그린인프라의 구성을 장려하기 위해 그린인프라 조성 시 빗물요금 감면, 세금공제 혜택, 재정적 지원 등 다양한 인센티브 프로그램을 제공하고 있다. 최근 서울수도 용적률 상향, 세제감면 혜택 등 그린인프라 설치를 위해 다양한 인센티브의 도입을 추진 중이며 이를 위해 관련 부서간의 정책적 합의와 재정적 지원 등이 필요하다.

81)U.S. Environmental Protection Agency, *op. cit.*, p. 55.

82)시애틀의 빗물시설세금공제프로그램(Stormwater Facility Credit Program)에 관한 자세한 내용은 다음의 사이트를 참조할 수 있다. <http://www.seattle.gov/util/ForBusinesses/DrainageSewerBusinesses/StormwaterFacilityCredit/index.htm>

83)Noah Garrison, Karen Hobbs and Natural Resources Defense Council, *op. cit.*, p. 99.

84)서울시 도시안전실, 앞에 든 책, p. 27.

6. 소결

본 절에서는 미국환경보호청에서 제시한 도시 물순환을 위한 그린인프라의 구성과 실행에 있어 북미에서 가장 선도적인 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀과 최근 국내에서 그린인프라와 관련된 다양한 정책을 시도하고 있는 서울시의 그린인프라 관련 정책을 비교 분석하여 그린인프라 구성과 실행을 위한 정책전략을 도출하였다.

첫째, 그린인프라 실행을 위해 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀의 세 도시 모두 개발 및 재개발사업에 빗물침투와 그린인프라 설치를 요구하는 조례를 제정하여 시행하고 있고, 서울시는 최근 2013년 9월에 기존의 「빗물관리에 관한 조례」의 전부개정을 통해 침투, 저류시설의 확대방안 등을 포괄하는 조례를 입법예고하였고, 2013년 12월 20일에 이를 수정가결 처리하여 2014년 2월 9일부터 시행예정에 있다.

둘째, 그린인프라의 도입과 확대를 위해 2000년대 초반부터 포틀랜드의 그린스트리트 프로그램, 시애틀의 자연배수시스템 프로그램 등의 그린인프라 시범사업을 지속적으로 운영 및 모니터링하고 있으며 점차 도시전역 프로그램으로 확대하였다. 서울시는 최근 2012년부터 세종시 레인가든, 서울시청 지붕저류, 청운중학교 녹화저류지붕, 월드컵 공원의 빗물관리 주차장 등 다양한 그린인프라 시범사업을 시행 중에 있다. 일회성이 아닌 향후 도시전역 프로그램으로 확대를 위해서는 정책적 의지와 지속적인 재정적 지원이 요구된다.

셋째, 그린인프라 구성을 위한 재정확보를 위해 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀의 세 도시 모두 불투수층면적에 따라 부과되는 필지기반시스템의 빗물요금체계를 적용하여 빗물요금 부과하고 있다. 서울시는 2012년 9월 빗물요금 정책포럼 등을 개최하였지만, 아직까지 빗물요금에 대한 합의가 이루어지지 않는 상태로 향후 주민과의 합의, 합리적인 요금체계 구축 등 이에 대한 신중한 접근이 필요하다.

넷째, 그린인프라 구성을 장려하기 위해 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀의 세 도시 모두 그린인프라 조성시 빗물요금 감면, 세금공제 혜택 등의 다양한 인센티브 프로그램을 제공하고 있다. 최근 서울시는 용적률 상향, 세제감면 혜택 등 그린인프라 설치를 위해 다양한 인센티브의 도입을 추진 중이며 이를 위해 관련 부서간의 협의와 정책적 합의가 요구된다.

다섯째, 그린인프라 홍보를 위해 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀의 세도시 모두 그린인프라의 설치, 관리 등에 관한 무료 워크샵, 핸드북과 가이드북 배포, 그린인프라 투어,

빗물저장통 무료제공 등 그린인프라 조성에 대한 다양한 교육과 지원활동을 지속적으로 제공하고 있다. 최근 서울수도 빗물이용시설 설치비지원, 빗물이용주치의 제도 등을 운영 중하고 있지만 다양한 그린인프라 시설의 설치비 지원, 그린인프라 투어, 효과적인 안내판 설치 등 그린인프라에 조성에 대한 교육 및 지원을 위한 다양한 프로그램의 도입과 지속적인 재정지원이 필요하다.

여섯째, 그린인프라 조성에 시민참여를 유도하기 위해 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀의 세 도시 모두 그린인프라 설계, 시공, 관리에 있어 공공-민간의 커뮤니티 파트너십의 프로그램을 통해 지역주민들의 참여를 유도하고 있다. 서울수도 올해 ‘서울형 춤향’ 공모전 개최, 향후 ‘물순환 시민위원회’ 운영 등을 통해 시민들의 참여를 유도하고 있지만, 그린인프라의 실제적인 계획, 조성, 운영, 관리 등 지역의 주민이 실질적으로 참여할 수 있는 프로그램을 개발하고 도입하여 지역주민들의 적극적인 참여를 유도할 수 있을 것이다.

제3장 그린인프라스트럭처 계획 및 설계사례분석

제1절 도시 물순환을 위한 그린인프라스트럭처 계획 및 설계사례 분석

1. 그린인프라스트럭처 계획 및 설계사례 개요

도시 물순환을 위한 그린인프라 계획 및 설계사례는 앞서 살펴본 그린인프라 실행을 위해 다양한 정책을 수립하고 있는 포틀랜드, 시애틀 등 미국의 주요도시와 도시 물순환에 있어 최근 조정설계분야에서 두각을 나타내고 있는 중국, 싱가포르에서 수행된 그린인프라와 관련된 조정계획 및 설계작품을 대상으로 하였다.

선정된 그린인프라 계획 및 설계사례의 대상지는 도심지 가로의 녹지공간을 리모델링한 소규모의 강우플랜터, 도로변 주차공간을 활용한 커브익스텐션, 학교주차장을 리모델링해 조성된 레인가든, 식생수로, 레인가든, 강우연못, 침투트렌치 등의 다양한 그린인프라 기술요소가 적용된 주거단지, 직선형의 콘크리트 수로를 자연형 하천으로 복원한 대규모의 하천복원 프로젝트, 신도시를 개발하며 훼손된 습지를 복원한 빗물공원 등 다양한 토지이용에 다차원적 스케일의 그린인프라가 적용된 11곳의 대상지를 선정하였다.

〈표 3-1〉 그린인프라 계획 및 설계사례 대상지 개요

		프로젝트명	위치	면적(m ²)	완공시기
도시차원	1	테너 스프링스 공원	포틀랜드, 미국	4,000	2010
	2	춘리 빗물 공원	하얼빈, 중국	340,000	2010
	3	칼랑 강 비산 공원	싱가포르	520,000	2012
단지차원	4	크레스지 재단 본사	트로이, 미국	11,047	2005
	5	하이포인트 주거단지	시애틀, 미국	485,600	2009
부지차원	6	마운트 타보 중학교 레인가든	포틀랜드, 미국	372	2006
	7	시드웰 프렌즈 학교 인공습지	워싱턴 D.C., 미국	6,710	2006
	8	캘리포니아 과학 아카데미	샌프란시스코, 미국	10,117	2008
가로차원	9	시סק이우 그린스트리트	포틀랜드, 미국	55	2003
	10	사우스웨스트12번 애비뉴 그린스트리트	포틀랜드, 미국	253	2005
	11	테일러28 그린스트리트	시애틀, 미국	14,864	2009

2. 그린인프라스트럭처 계획 및 설계사례 분석

앞서 선정된 그린인프라 계획 및 설계사례를 도시, 단지, 부지, 가로차원으로 분류하여 각각의 개발유형, 적용지역, 적용된 그린인프라 기술요소, 주요설계전략 등의 내용을 도출하였다. 도시, 단지, 부지, 가로차원에서 살펴본 각각의 사례지역은 인공습지, 레인가든, 강우플랜터, 식생수로, 생태연못 등의 다양한 그린인프라 요소들이 적용되어 복합적으로 대상지와 주변에서 발생하는 강우유출수를 저류, 침투, 여과하였다. 하지만 강우유출수를 저감시키기 위한 그린인프라 기술요소들의 단순한 적용이 아니라 친환경적이고 생태적인 조정설계기법과 수준 높은 조정계획 및 설계과정을 통해 도시의 경관성 향상, 생물다양성 증진, 서식처 제공 등의 다양한 편익을 제공할 수 있도록 하였다.

도시차원의 프로젝트로서 포틀랜드 도심지에 조성된 테너 스프링스 공원은 고밀의 도심지에 녹지공간을 제공함과 동시에 대상지와 주변가로에서 발생하는 강우유출수를 생태연못, 인공습지 등을 통해 저류, 여과, 침투시키고 다시 재활용하는 순환적 시스템 창출하였다.⁸⁵⁾ 중국 하얼빈에 조성된 춘리빗물공원은 신도시를 개발하면서 훼손된 습지를 복원하여 복합적인 생태계 서비스를 공급하고 기존의 수체계와 재연결하여 주변에 새롭게 조성된 신도시에서 발생하는 강우유출수를 저류, 여과, 침투할 수 있는 빗물공원으로 조성하였다.⁸⁶⁾ 싱가포르 도심지에 위치한 비산 공원의 가장자리를 따라 흐르는 칼랑(Kallang) 강은 물에 대한 수용력을 향상시키고 생태적으로 건강한 하천을 조성하기 위해서 공원의 2.7km의 직선형의 콘크리트 수로를 3.3km의 곡류하는 자연형 하천으로 복원하였다. 이를 통해 하천의 배수능력과 친수기능을 향상시켰을 뿐만 아니라 동식물의 서식처를 제공하고 생물다양성을 증진시켰다.⁸⁷⁾

단지차원의 프로젝트로서 크레스지 재단 본사는 본사 캠퍼스를 리모델링하면서 조정

85) Heather L. Venhaus, *Designing the Sustainable Site: Integrated Design Strategies for Small Scale Sites and Residential Landscapes* (New Jersey: John Wiley & Sons, 2012), pp. 228-9.

86) William S. Saunders(Ed.), *Designed Ecologies: The Landscape Architecture of Kongjian* (Basle: Birkhäuser Architecture, 2012), pp. 152-163.

87) Atelier Dreiseitl, *Bishan-Ang Mo Kio Park and Kallang River* (Retrieved from http://blogs.gsd.harvard.edu/loeb-fellows/files/2012/11/AD-Ref_Singapore_Bishan-Park.pdf, 2002), pp. 1-33.

공간을 활용한 강우처리시스템을 구축하여 대상지에서 발생하는 모든 빗물이 연결된 녹지 시스템에 의해 저류, 여과, 침투, 재이용 될 수 있도록 하였다. 이를 통해 연간 강우의 64 퍼센트에 해당하는 약 $6,435\text{m}^3$ 을 대상지의 지반으로 침투시킴으로서 지하수를 충전할 수 있다.⁸⁸⁾ 시애틀에 조성된 하이 포인트 주거단지에는 단지 내 가로, 도로, 녹지공간을 활용하여 식생수로, 레인가든, 투수성포장, 강우연못 등의 자연배수시스템을 구축하고 대상지에서 발생하는 강우유출수를 자연적 방식으로 저류, 여과, 침투, 저장될 수 있도록 하였다. 이러한 자연배수시스템을 통해 대상지에서 발생하는 강우유출수를 약 65퍼센트까지 저감시킬 수 있다.⁸⁹⁾

부지차원의 프로젝트인 포틀랜드에 조성된 마운트 타보 중학교의 레인가든 프로젝트는 잘 사용되지 않던 학교의 아스팔트 주차장을 레인가든으로 변화시켜 학교건물과 주변 포장면에서 발생하는 약 $4,046\text{m}^2$ 이상의 강우유출수를 차집하고, 정화하며, 지면으로 흡수될 수 있도록 조성되었다.⁹⁰⁾ 시드웰 프렌즈 학교 리모델링 프로젝트는 기존 학교건물을 확장하면서 건물과 조경이 통합적으로 연계된 시스템으로서 그린인프라를 조성하여 대상지에서 발생하는 우수와 오수를 자체적으로 처리하고 재활용할 수 있도록 설계하였다. 건물을 개보수하고 확장하며 조성한 건물 앞뜰의 조경공간에는 계단식 인공습지, 레인가든, 생태연못 등이 새롭게 조성되어 건물의 오수와 대상지에 내리는 빗물을 차집하고, 정화하며, 재사용할 수 있도록 하였고, 자연과학수업을 위한 야외학습장으로도 활용된다.⁹¹⁾ 캘리포니아 과학 아카데미의 옥상녹화 프로젝트는 약 $10,117\text{m}^2$ 면적의 녹화지붕에 식재된 식물과 토양을 통해 야생동식물의 서식처를 제공할 뿐만 아니라 지붕에 떨어지는 빗물을 흡수하고 여과하여 연간 약 $13,248\text{m}^3$ 에 해당하는 93퍼센트까지 강우유출량을 저감시킬 수 있다.⁹²⁾

88)"American Society of Landscape Architects," <http://www.asla.org/sustainablelandscapes/kresge.html> (검색일: 2014년 1월 7일).

89)"American Society of Landscape Architects," <http://www.asla.org/sustainablelandscapes/highpoint.html> (검색일: 2014년 1월 7일).

90)BES, *BES design report: stormwater retrofit at Mt. Tabor Middle School* (Portland: City of Portland, 2008), pp. 1-10.

91)Liat Margolis and Alexander Robinson, *Living Systems: Innovative Materials and Technologies for Landscape Architecture* (Basel: Springer, 2007), pp. 112-3.

92)Ying-Yu Hung, Gerdo Aquino and Charles Waldheim, *Landscape Infrastructure: Case*

가로차원의 프로젝트인 포틀랜드의 주거단지에 조성된 노스이스트 시스키유 그린스트리트 프로젝트는 오래된 주거단지의 가로에서 발생하는 유출수를 지속가능한 방식으로 처리할 수 있도록 도로변 주차공간의 일부분에 두 개의 식재 커브익스텐션을 조성하였다. 이를 통해 시스키유에서 발생하는 연간 약 851m³이 넘는 가로의 거의 모든 강우유출수가 두 개의 커브익스텐션에 의해서 저류, 여과, 침투될 수 있도록 하였다.⁹³⁾ 포틀랜드 도심지의 가로에 조성된 사우스웨스트 12번 애비뉴 그린스트리트 프로젝트는 도시의 기존 가로에서 잘 이용되지 않는 녹지공간을 강우유출수를 저류, 여과, 침투시킬 수 있는 일련의 강우플랜터로 재조성하였다. 이를 통해 대상지에서 발생하는 연간 약 681m³이 넘는 전체 강우유출량의 70퍼센트를 처리할 수 있다.⁹⁴⁾ 시애틀 도심지에 복합주거시설을 재개발하면서 함께 리모델링된 테일러28 그린스트리트 프로젝트는 옥상녹화, 레인가든, 투수성포장, 강우플랜터, 빗물저장시설 등 건물과 가로를 통합적으로 연계한 그린인프라 기술요소 통해서 대상지에서 발생하는 강우유출수를 자체적으로 모두 처리할 수 있도록 하였다.⁹⁵⁾

〈표 3-2〉 그린인프라 계획 및 설계사례 종합분석표

	프로젝트명	개발 유형	적용 지역	그린인프라 기술요소	주요설계전략
도 시 차 원	테너 스프링스 공원 (Tanner Springs Park)	재개발	공원 녹지	생태연못, 오목형녹지 등	고밀의 도심지에 녹지공간을 제공함과 동시에 대상지와 주변가로에서 발생하는 강우유출수를 생태연못, 저류녹지 등을 통해 침투, 저감, 정화하는 순환적 시스템
	춘리 빗물 공원 (Qunli Stormwater Park)	재개발	공원 녹지	생태연못, 습지 등	중국 하얼빈에 신도시를 조성하면서 매립 위험에 놓인 기존의 습지를 보존함과 동시에 주변에 새롭게 조성된 신도시에서 발생하는 강우를 차집, 정화, 저장하는 빗물(습지)공원을 조성
	칼랑 강 비산 공원 (Kallang River Bishan Park)	리모델링	공원 녹지	수변완충대, 정화비오톱, 생태연못 등	비산 공원 내에 2.7km의 직선형 콘크리트 수로를 3km의 구불구불한 자연형 하천으로 복원하여 하천의 배수능과 하천으로의 접근성, 생물다양성 등을 증대시킴
단 지 차 원	크레스지 재단 본사 (Kresge Foundation Headquarters)	리모델링	복합 단지	인공습지, 옥상녹화, 레인가든, 식생수로 등	조경공간을 활용한 강우처리시스템을 구축하여 대상지에서 발생하는 모든 빗물이 연결된 녹지시스템에 의해 침투, 저류, 재이용 될 수 있도록 함.
	하이포인트 주거단지 (High Point)	재개발	주거 단지	인공습지, 레인가든, 식생수로, 강우연못, 투수성포장 등	사회적 혼합, 친환경 디자인 등 다양한 측면에서 지속가능성을 목표로 한 하이포인트 주거단지는 자연배수시스템을 활용하여 대상지에서 발생하는 강우유출수를 침투, 정화, 저류 함

Studies by SWA (Berlin: De Gruyter, 2012), p. 66-77.

부 지 차 원	마운트 타보 중학교 레인가든 (Mount Tabor School)	리모델링	학교 부지	레인가든, 플랜터박스, 커브익스텐션, 침투통 등	학교건물 앞뜰의 아스팔트 주차장을 건물 옥상, 주변도로 등에서 발생하는 강우유출수를 흡수, 침투, 여과할 수 있는 레인가든으로 재조성되었고, 이외에 학교부지에는 플랜터박스, 침투통, 커브익스텐션 등의 그린인프라가 설치됨
	시드웰 프렌즈 학교 인공습지 (Sidwell Friends School)	리모델링	학교 건물, 부지	인공습지, 옥상녹화, 레인가든, 생태연못 등	기존 학교건물을 확장하면서 건물과 조경이 통합적으로 연계된 시스템으로서 그린인프라를 조성하여 대상지에서 발생하는 우·오수를 자체적으로 처리하고 재활용할 수 있도록 설계
	캘리포니아 과학 아카데미 옥상녹화 (California Academy of Sciences)	신축	공공 건물	옥상녹화	2008년에 아카데미 건물을 신축하면서 2.5에이커 면적의 녹화지붕을 설치함. 녹화지붕에 식재된 식물과 토양은 지붕에 떨어지는 빗물을 흡수하고 여과하여 연간 93퍼센트까지 지붕에 떨어지는 강우유출수를 저감시킴.
가 로 차 원	시סק이유 그린스트리트 (NE Siskiyou Green Street)	리모델링	주거지 도로	커브익스텐션	오래된 주거단지 가로변의 주차공간의 일 부분에 두 개의 식재 커브익스텐션을 조성하여 가로에서 발생하는 강우유출수를 저감시킴. 주변가로에서 발생하는 강우유출수의 85퍼센트까지 저감시킬 수 있음
	사우스웨스트 12번 애비뉴 그린스트리트 (SW 2th Avenue Green Street)	리모델링	도심지 가로	강우플랜터, 투수성포장	기존 도심지의 가로변 녹지공간을 강우플랜터로 재조성하여 주변 도로와 가로에서 발생하는 강우유출수를 여과, 저류, 침투 시킴.
	테일러28 그린스트리트 (Taylor28 Green Streets)	재개발	도심지 가로, 복합주 거시설	강우플랜터, 레인가든, 빗물저장시설, 투수성포장 등	주거복합건물을 재개발하면서 건물과 가로가 통합적으로 연계된 그린인프라를 조성하여 대상지에서 발생하는 강우유출수를 자체적으로 모두 처리하는 시스템을 구축.

93)BES, 'Flow test report for Siskiyou curb extension', Sustainable Stormwater Management Program, Bureau of Environmental Services (Portland: City of Portland, 2004), pp. 1-28.

94)BES, 'SW 12th Avenue Green Street Project', Sustainable Stormwater Management Program, Bureau of Environmental Services (Portland: City of Portland, 2007), pp. 1-8.

95)Heather L. Venhaus, *op. cit.*, pp. 166-7.

제2절 도시 물순환을 위한 그린인프라스트럭처 기술요소 도출

1. 그린인프라스트럭처 계획 및 설계사례 기술요소 분석

앞서 분석한 11곳의 그린인프라 계획 및 설계사례를 토대로 각각의 프로젝트에 적용된 그린인프라 기술요소를 구체적으로 살펴보면 도로, 가로, 녹지, 수공간, 수변, 건물, 건물옥상, 건물주변 등의 다양한 토지이용에 강우플랜터, 커브익스텐션, 식생수로, 옥상녹화, 레인가든, 플랜터박스, 인공습지, 오목형녹지, 식생여과대, 수변완충대, 강우저류연못, 생태연못, 정화비오톱, 침투트렌치, 침투통, 투수성포장, 빗물저장시설 등 17가지의 그린인프라 기술요소가 대상지에서 발생하는 강우유출수를 자연적방식으로 증발산, 침투, 여과, 저류, 저장하기 위해 복합적으로 적용되었다. 각각의 프로젝트에 적용된 그린인프라 기술요소를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

테너 스프링스 공원에는 공원 주변의 가로에서 발생하는 강우유출수를 공원으로 유입시켜 생태연못, 오목형 녹지, 인공습지 등을 활용하여 자연적 방식으로 증발산, 침투, 여과, 저류, 저장시키고, 지하의 정화시설을 거쳐 다시 생태연못의 유지용수로 공급되는 순환적 시스템을 구축하였다.

춘리 빗물 공원은 도시와 공원의 연결부에 식생여과대, 생태연못을 조성하여 공원 중심부에 위치한 습지로 유출되기 전 도시에서 유입된 강우유출수를 1차적으로 저류, 여과, 침투시킨 후 습지로 유출될 수 있도록 하였다.

칼랑 강 비산 공원은 직선형의 콘크리트 수로를 곡류하는 자연형 하천으로 변경하여 배수능과 생물다양성을 증진시키고, 공원 내에 정화비오톱을 조성하여 일정량의 하천수를 비오톱을 통해서 정화하고 연못으로 공급하여 다시 하천으로 배출되는 순환시스템을 구축하였다.

크레스지 재단 본사 단지에는 주차장의 포장면에 적용된 투수성포장, 건물의 4곳에 조성된 옥상녹화, 건물주변에 설치된 약 586m³의 빗물저장시설, 건물주변의 녹지에 조성된 인공습지와 레인가든, 주차장을 따라 경계녹지에 조성된 식생수로 등의 그린인프라 기술요소가 서로 연결되어 단지 내에서 발생하는 강우유출수를 침투, 저류, 재이용 할 수 있도록 하였다.

하이포인트 주거단지에는 도로와 보도공간에 투수성포장, 건물주변과 운동공간, 단지

내 녹지에 조성된 레인가든, 가로공간과 단지 내 녹지에 조성된 식생수로, 건물주변에 조성된 침투통, 침투트렌치, 단지 내 강우유출수를 차집하는 강우저류연못 등의 기술요소 등을 통해 강우유출수를 침투, 저류 할 수 있도록 하였다.

마운트 타보 중학교에는 주차장을 레인가든으로 조성하여 건물옥상과 건물주변의 포장면에 발생하는 강우유출수를 저류, 여과, 침투될 수 있도록 하였다. 또한, 학교 부지의 다른 주차장에는 강우플랜터와 인공습지를 조성하여 주차장에서 발생하는 강우유출수를 저류, 여과, 침투될 수 있도록 하였으며, 건물주변에 플랜터 박스를 설치하여 건물의 옥상에서 발생하는 강우유출수를 저류, 여과, 침투될 수 있도록 하였다. 학교에 조성된 운동공간에는 침투통을 설치하여 포장면에서 발생하는 강우유출수를 지반으로 침투되도록 하였고, 학교 내 도로에는 커브익스텐션을 설치하여 도로와 가로에서 발생하는 강우유출수를 저류, 여과, 침투 될 수 있도록 하였다.

시드웰 프렌즈 학교의 건물 앞뜰에 조성된 생태연못, 레인가든, 인공습지와 건물옥상의 옥상녹화를 통해서 건물옥상에서 발생하는 강우유출수는 옥상녹화를 거쳐 건물 지하의 빗물저장시설로 유입시켜 저장한다. 이를 초과하는 유출량은 앞뜰의 생태연못으로 유출되어 저류될 수 있도록 하였다. 집중호우 시에는 생태연못에서 범람한 빗물이 인접한 레인가든으로 유입되어 자연적 방식으로 저류, 여과, 침투될 수 있도록 하였다.

시스키유 그린스트리트에서는 주거단지 내 도로변 주차공간을 커브익스텐션으로 조성하여 도로와 가로에서 발생하는 강우유출수가 커브익스텐션의 식생과 토양을 통해 저류, 여과, 침투 될 수 있도록 하였다.

사우스웨스트 12번 애비뉴 그린스트리트에서는 가로공간에 잘 활용이 되지 않는 녹지공간을 일련의 강우플랜터로 재조성하여 가로와 도로에서 발생하는 강우유출수를 강우플랜터의 식생과 토양을 통해 저류, 여과, 침투 될 수 있도록 하였다.

테일러28 그린스트리트에서는 재개발된 주거시설의 건물옥상에서 발생하는 강우유출수를 지하의 빗물저장시설로 유입시켜 건물의 시설용수와 가로의 녹지공간에 관수를 공급한다. 건물주변에 조성된 레인가든과 가로공간에 조성된 강우플랜터, 투수성포장을 통해서 건물옥상과 가로에서 발생하는 강우유출수를 저류, 여과, 침투 할 수 있도록 하였다.

상기한 내용을 토대로 각각의 프로젝트에 적용된 17가지의 그린인프라 기술요소, 적용지역, 적용효과를 종합적으로 분석한 결과는 다음의 표와 같다.

〈표 3-3〉 그린인프라 계획 및 설계사례에 적용된 그린인프라 기술요소 분석

구분	적용지역		그린인프라 기술요소																
			강우 플랜터	커브익스텐션	식생수로	옥상녹화	레인가든	플랜터박스	인공습지	오목형녹지	식생여과대	수변완충대	정화비오톱	강우저류연못	생태연못	침투트렌치	침투통	투수성포장	빗물저장시설
TSP	공원	보행로	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-
		녹지	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
		수공간	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
		수변	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		지하	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
QSP	공원	녹지	-	-	-	-	-	○	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-	
KRBP	공원	수공간	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	
		수변	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	
		녹지	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	
KFH	복합단지	녹지	-	-	○	-	○	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	
		주차장	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-
		건물옥상	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		건물주변	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
HPR	주거단지	도로	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-
		보도	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-
		녹지	-	-	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		수공간	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-
		운동공간	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-
		건물주변	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-
MTS	학교부지	도로	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		주차장	○	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		건물주변	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		운동공간	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-
SFS	학교부지	보행로	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-
		녹지	-	-	-	-	○	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		건물옥상	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		건물지하	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	
CAS	공공건물옥상		-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NES	주거지도로		-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SW12A	도심지보도		○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
T28	도심지가로	보도	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-
		건물주변	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		건물지하	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
적용효과	증발산		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	□	□	□	□	
	침투		◎	◎	◎	◎	◎	△	◎	△	◎	◎	△	◎	□	◎	◎	◎	□
	여과		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	◎	◎	◎	△	□	◎	◎	△	□
	저류		△	△	-	△	△	△	□	△	△	□	□	◎	□	□	□	□	□
	저장		□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	△	◎	□	□	□	◎
	경관성		◎	◎	◎	◎	-	◎	□	△	△	◎	◎	△	△	□	□	△	△

주) TSP: 테너 스프링스 공원, QSP: 춘리 빗물 공원, KRBP: 칼랑 강 비산 공원, KFH: 크레스지 재단 본사, HPR: 하이포인트 주거단지, MTS: 마운트 타보 중학교, SFS: 시드웰 프렌즈 학교, CAS: 캘리포니아 과학 아카데미, NES: 노스웨스트 시스키유 그린스트리트, SW12A: 사우스웨스트 12번 애비뉴 그린스트리트, T28: 테일러28 그린스트리트

○: 적용, -: 미적용, ◎: 많음, △: 보통, □: 적음

2. 그린인프라스트럭처 기술요소 도출

앞서 분석한 그린인프라 계획 및 설계사례의 기술요소를 토대로 강우플랜터, 커브익스텐션, 식생수로, 옥상녹화, 레인가든, 플랜터박스, 인공습지, 오목형녹지, 식생여과대, 수변완충대, 강우저류연못, 생태연못, 정화비오톱, 침투트렌치, 침투통, 투수성포장, 빗물저장시설 등 17가지 그린인프라 기술요소의 정의, 설치가능지역, 적용효과, 식생, 토양층, 저장시설의 유무를 도출하면 다음과 같다.

〈표 3-4〉 도시 물순환 관리를 위한 그린인프라 기술요소 도출

구분		식생기반형												비식생기반형				
그린인프라 기술요소		강 우 플 랜 터	커 브 익 스 텐 션	식 생 수 로	옥 상 녹 화	레 인 가 든	플 랜 터 박 스	인 공 습 지	오 목 형 녹 지	식 생 여 과 대	수 변 완 충 대	정 화 비 오톱	강 우 저 류 연 못	생 태 연 못	침 투 트 렌 치	침 투 통	투 수 성 포 장	빗 물 저 장 시 설
설 치 가 능 지 역	도로(변)	○	○	○	-	○	-	-	-	○	-	-	-	-	○	-	○	-
	가로(변)	○	○	○	-	○	○	-	-	○	-	-	-	-	○	-	○	-
	건물	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
	건물주변	-	-	-	-	○	○	○	○	○	-	○	-	○	-	○	○	○
	주차장	○	○	○	-	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-
	녹지	-	-	○	-	○	-	○	○	○	-	○	○	○	-	○	-	○
	수공간	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	○	○	○	-	-	-	-
	수변	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-
적 용 효 과	증발산	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	□	□	□	□
	침투	◎	◎	◎	◎	◎	△	◎	△	◎	◎	△	◎	□	◎	◎	◎	□
	여과	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	◎	◎	◎	△	□	◎	◎	△	□
	저류	△	△	□	△	△	△	-	△	△	□	□	◎	◎	□	□	□	□
	저장	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	△	◎	□	□	□	◎
	경관성	◎	◎	◎	◎	-	◎	-	△	△	◎	◎	△	△	□	□	△	△
식생유무		Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N
토양층유무		Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
저장시설유무		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Y

주) ○: 적합, -: 부적합, ◎: 많음, △: 보통, □: 적음, Y: 있음, N: 없음

① 강우플랜터(stormwater planter)는 도심지 가로의 기존화단이나 도로에 연접한 가로의 빈공간에 설치가 가능하며 도로와 가로에서 발생하는 강우유출수를 커브커트를 통해 플랜터 내부로 유입시켜 식생과 토양을 통해 증발산, 저류, 여과, 침투시킬 수 있다.

② 커브익스텐션(curb extension)은 보행자의 안전과 차량의 속도를 줄이기 위해 인도에 연접한 도로변 주차공간 등 도로의 일정부분에 설치가 가능하며 도로와 가로에서 발생하는 강우유출수를 커브커트를 통해 커브익스텐션 내부로 유입시켜 식생과 토양을 통해

지반으로 증발산, 저류, 여과, 침투시킬 수 있다.

③ 식생수로(bio-swale)는 선형의 형태로 도로, 가로, 주차장을 따라 설치가 가능하며 주변의 포장면과 녹지에서 발생하는 강우유출수를 식생수로의 식생과 토양을 통해 지반으로 증발산, 저류, 여과, 침투시킬 수 있다.

④ 옥상녹화(green roof)는 저관리, 경량형으로 조성하여 건물의 평면형 옥상과 경사형 지붕 모두에 설치가 가능하며 건물옥상과 지붕에서 발생하는 강우유출수를 옥상녹화의 식생과 토양을 통해 증발산, 저류, 여과시킬 수 있다.

⑤ 레인가든(rain garden)은 건물주변이나 주차장, 가로 등 포장면 주변 녹지대에 설치 가능하며 건물옥상과 건물주변 녹지, 포장면 등에서 발생한 강우유출수를 레인가든의 식생과 토양을 통해 증발산, 저류, 여과, 침투시킬 수 있다.

⑥ 플랜터 박스(planter box)는 도심지의 건물에 연결하여 설치될 수 있으며 건물옥상에서 발생하는 강우유출수를 낙수홈통과 연결된 플랜터 박스의 식생과 토양을 통해 증발산, 저류, 여과시킬 수 있다.

⑦ 인공습지(constructed wetland)는 건물주변이나 공원의 저지대에 설치가 가능하며 우기시에는 수공간으로 건기시에는 습한 식생지역으로 포장면과 녹지 등에서 발생하는 강우유출수를 인공습지의 식생과 토양을 통해 증발산, 저류, 여과, 침투시킬 수 있다.

⑧ 오목형 녹지는 공원, 단지, 건물주변에 조성되는 녹지를 볼록형이 아닌 오목형으로 조성하여 포장면과 녹지에서 발생하는 강우유출수를 오목형 녹지의 식생과 토양을 통해 지반으로 증발산, 저류, 여과, 침투시킬 수 있도록 한다.

⑨ 식생여과대(filter strip)는 건물, 도로, 주차장 등 포장면 주변의 경사면에 설치 가능하며 포장면에서 발생하는 강우유출수를 식생여과대의 식생과 토양을 통해 증발산, 여과, 침투시킬 수 있도록 한다.

⑩ 수변완충대(riparian buffer strip)는 일정폭이 확보된 하천변을 따라 조성이 가능하며 강우유출수가 하천으로 직접 유입되기 전에 수변완충대의 식생과 토양을 통해 증발산, 여과, 침투시킬 수 있다.

⑪ 정화비오톱(cleansing biotope)은 공원이나 건물주변의 녹지공간에 설치가능하며 포장면과 녹지대에서 발생한 강우유출수를 정화비오톱의 식생과 토양을 통해 증발산, 여과, 침투시킬 수 있다.

⑫ 강우저류연못(retention/detention pond)은 공원, 주거단지 등 대상지에서 발생하는 다량의 강우유출수를 저지대에 차집하여 저류, 저장, 침투시키고 이를 천천히 대상지 밖의 하천과 배수시설로 유출시켜 도시홍수와 침수를 예방할 수 있다.

⑬ 생태연못(bio pond)은 건물 주변, 녹지 등에 설치가능하며 건물옥상, 건물주변의 포장면과 녹지에서 발생하는 강우유출수를 차집하여 저류, 저장하고 생태연못의 식생, 토양을 통해 여과시킬 수 있다.

⑭ 침투트렌치(infiltration trench)는 도심지의 도로, 가로와 연결한 지하공간에 설치가 가능하며 도로와 가로에서 발생한 강우유출수를 침투트렌치의 자갈 및 토양층을 거쳐 지반으로 여과, 침투시킬 수 있다.

⑮ 침투통(dry well)은 건물주변이나 녹지대에 설치가 가능하며 건물옥상이나 포장면에서 발생하는 강우유출수를 침투통의 자갈 및 토양층을 거쳐 지반으로 침투, 여과시킬 수 있다.

⑯ 투수성포장(permeable pavement)은 도로, 가로, 주차장, 운동공간, 광장, 건물주변 등 포장면에 조성가능하며 포장면에서 발생하는 강우유출수를 투수블럭, 마사토 투수포장, 투수성 아스팔트 등을 통해 직접 지반으로 침투시킬 수 있다.

⑰ 빗물이용시설(rainwater barrel/cistern)은 건물의 지하나 건물주변의 옥외공간에 설치가 가능하며 건물옥상에서 발생한 강우유출수를 빗물탱크, 빗물저장통 등 빗물이용시설에 저장시켜 재활용 할 수 있다.

이와 같이 식생기반의 강우플랜터, 커브익스텐션, 식생수로, 옥상녹화, 레인가든, 플랜터박스, 인공습지, 오목형녹지, 식생여과대, 수변완충대, 강우저류연못, 생태연못, 정화비오톱과 비식생기반의 침투트렌치, 침투통, 투수성포장, 빗물저장시설 등 각각의 그린인프라 기술요소들은 도로, 가로, 건물, 건물주변, 주차장, 녹지, 수공간, 수변 등 다양한 토지이용에 적용될 수 있고, 각각의 기술요소들은 증발산, 침투, 여과, 정화, 저류, 저장,景觀성 등의 효과를 복합적으로 보여준다.

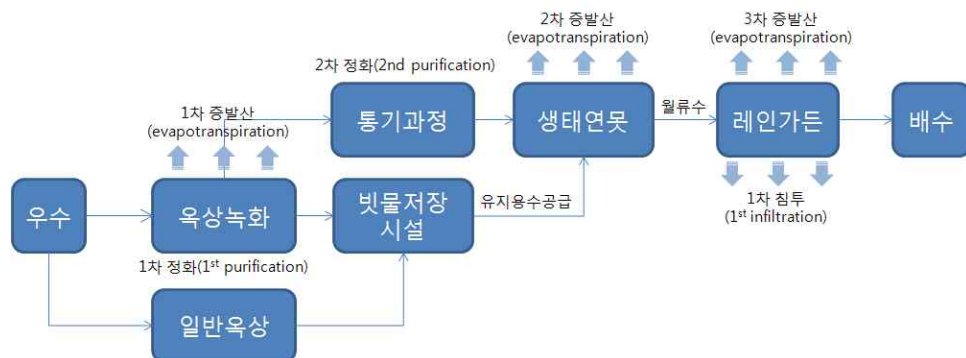
제3절 도시 물순환을 위한 그린인프라스트럭처 계획 및 설계전략

본 절에서는 앞서 도출된 식생기반형과 비식생기반형의 개별적인 그린인프라 기술요소가 도로, 가로, 건물, 주차장, 녹지, 수공간 등 다양한 토지이용에 강우유출수를 자연적 방식으로 증발산, 침투, 여과, 저류, 저장하기 위해 어떠한 방식으로 대상지에 적용되고 있는지에 대한 구체적인 그린인프라 전략을 도출하고자 한다.

1. 연결된 시스템으로서 그린인프라스트럭처

식생기반형과 비식생기반형의 개별적인 그린인프라 기술요소는 각각 독립적인 요소로서 강우유출수를 자연적 방식으로 증발산, 저류, 저장, 여과, 침투할 수 있지만 각각의 그린인프라 기술요소들이 통합적으로 서로 연결되고 네트워크 되었을 때 더 큰 환경적 편익을 창출하는 생태적 시스템으로서 작동할 수 있다.

시드웰 프렌즈 학교의 건물과 앞뜰에 조성된 옥상녹화, 인공습지, 생태연못, 빗물저장탱크 등 각각의 그린인프라 기술요소들은 서로 연결된 시스템으로서 작동한다. 신축된 학교건물의 옥상에 내린 빗물은 옥상녹화의 식생과 토양에 의해서 빗물을 저류, 여과시킬 뿐 아니라 집중호우로 인해 옥상녹화에서 처리되지 못한 빗물은 건물의 수직홈통을 거쳐 통기과정 후에 건물 앞뜰의 생태연못으로 흘러들 수 있도록 설계되었다. 옥상녹화가 조성되지 않은 기존 학교건물의 옥상에 내린 빗물은 지하의 빗물저장탱크로 유입되어 건기 시 생태연못의 유지용수로 사용될 수 있도록 설계되었다.⁹⁶⁾

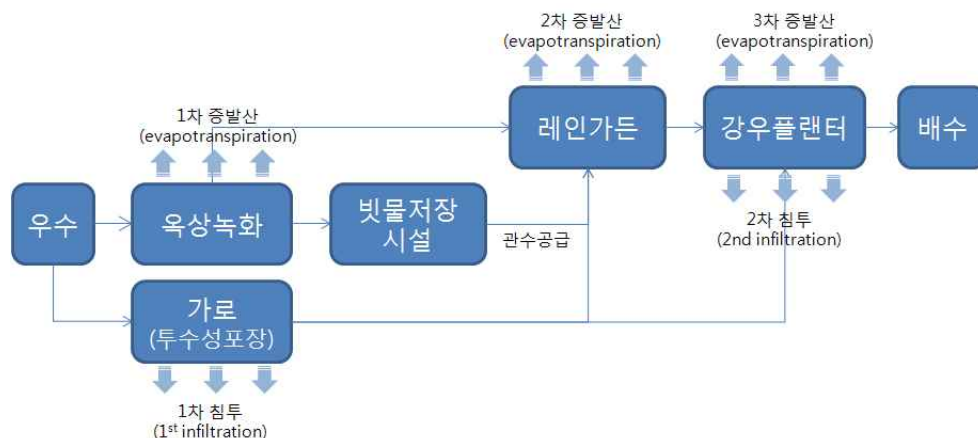


〈그림 3-1〉 시드웰 프렌즈 학교 강우처리과정 다이어그램

96) Liat Margolis and Alexander Robinson, *op. cit.*, p. 112.

포틀랜드의 도심지에 위치한 사우스이스트 12번 애비뉴 그린스트리트는 가로변에 설치된 4개의 강우플랜터를 통해서 도로와 가로에서 발생하는 강우유출수를 지반으로 침투, 여과할 뿐 아니라 4개의 강우플랜터가 서로 연결된 시스템으로 작동하여 강우유출수의 양을 효과적으로 저감시킬 수 있도록 설계되었다.⁹⁷⁾

시애틀의 도심지에 위치한 테일러28 그린스트리트는 도심지 가로변에 건물옥상에서 차집된 강우유출수를 수직흡통을 통해서 건물주변에 설치된 레인가든으로 직접 유출시켜 저류, 침투, 여과하거나 건물지하의 약 60m³의 빗물저장탱크에 저장된다. 빗물저장탱크에 저장된 빗물은 건기 시 건물주변의 녹지공간, 가로수, 강우플랜터 등을 위한 관개용수와 화장실 등 건물내부의 시설용수로 활용될 수 있도록 설계되었다.⁹⁸⁾



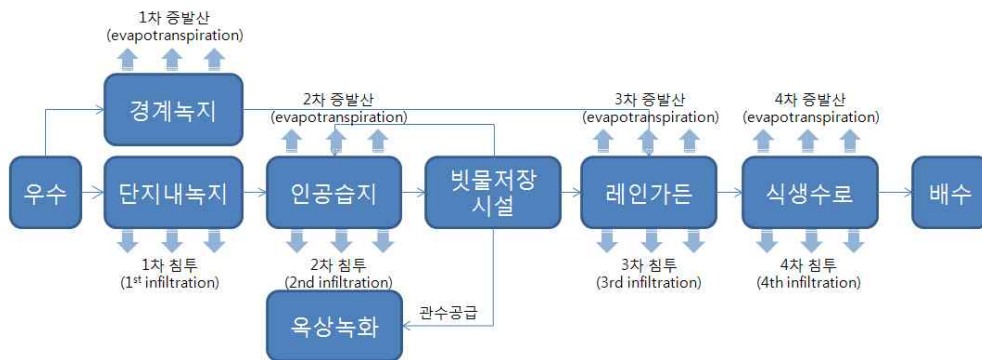
〈그림 3-2〉 테일러28 그린스트리트 강우처리과정 다이어그램

포틀랜드의 도심지에 조성된 테너 스프링스 공원은 공원과 공원주변 가로에서 발생하는 강우유출수를 공원 내에서 침투, 저류, 여과, 재사용하는 순환적 시스템으로 설계되었다. 순환적 시스템의 과정을 살펴보면 4,856m² 면적의 공원과 공원주변 가로에서 발생하는 강우유출수를 인공습지를 거쳐 공원의 동쪽 끝에 위치한 생태연못으로 유입시킨다. 인공습지와 생태연못의 토양과 식생에 의해 여과된 강우유출수는 지하에 정화시설을 통해 2차적으로 자외선 처리된 후, 공원의 고지대에 위치한 인공샘으로 펌프된다. 인공샘에서 배출되는 물은 공원 방문객들이 접근할 수 있는 시냇물을 형성하고, 공원의 녹지대를 거쳐 다시 생태연못으로 천천히 유입되는 순환적인 시스템으로 설계되었다.⁹⁹⁾

97)Liat Margolis and Alexander Robinson, *op. cit.*, p. 70.

98)Heather L. Venhaus, *op. cit.*, p. 166.

크레스지 재단 본사 재개발 프로젝트에서는 연결된 조정시스템에 의해서 대상지에서 발생하는 모든 강우유출수를 자연적 방식으로 저류, 여과, 침투 될 수 있도록 하였다. 대상지 내에서 발생하는 강우유출수는 대상지 내 저지대에 위치한 인공습지와 연못으로 차집되고, 빗물이 연못의 일정 높이에 도달하면 펌프시스템을 통해 빗물저장시설로 유입된다. 집중호우시 빗물저장시설 용량을 초과하는 빗물은 레인가든으로 유출되어 지반으로 침투, 여과될 수 있도록 하고, 건기 시에는 빗물저장시설에 저장된 약 586m³의 빗물을 활용하여 옥상녹화의 관개용수와 인공습지의 유지용수로 사용될 수 있도록 설계되었다.¹⁰⁰⁾



〈그림 3-3〉 크레스지 재단 본사 강우처리과정 다이어그램

이와 같이 옥상녹화, 레인가든, 인공습지, 식생수로, 강우플랜터, 투수성포장, 빗물저장시설 등 식생기반과 비식생기반의 개별적 그린인프라 기술요소는 각각의 독립적인 요소로서 강우유출수를 자연적 방식으로 증발산, 저류, 저장, 여과, 침투할 수도 있지만 각각의 그린인프라의 기술요소들이 서로 효과적으로 연결되고 네트워크 되었을 때 더 큰 환경적 편익을 창출하는 생태적 시스템으로서 작동할 수 있다.

2. 생태적 작동시스템으로서 그린인프라스트럭처

식생기반과 비식생기반의 개별적인 그린인프라 기술요소는 하드한 공학적 시스템만을 활용하는 것이 아닌 식생, 토양, 무기질 등의 소프트한 생물학적 시스템을 적극적으로

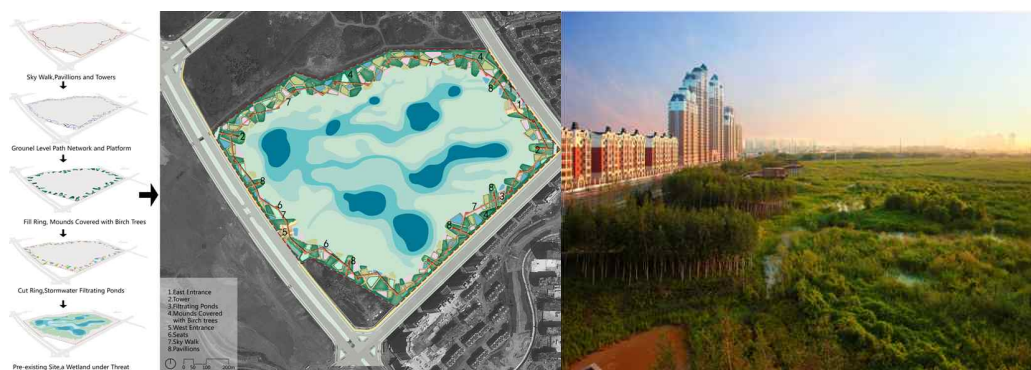
99)Ibid. p. 228.

100)LAF(Landscape Architecture Foundation)의 사례로서 설명한 자료 <http://www.lafoundation.org/research/landscape-performance-series/case-studies/case-study/394/>

활용하여 강우유출수를 자연적으로 증발산, 침투, 여과, 저류 할 수 있는 복합적인 생태적 시스템으로서 작동할 수 있다. 또한 이를 통해 도시홍수와 침수예방, 수질정화, 서식처의 제공과 함께 도시에서 파괴된 수문학적 과정을 복원하고 자연성을 회복할 수 있다.

싱가포르에 위치한 칼랑 강 비산 공원은 2.7km의 직선형 콘크리트 수로를 3.2km의 자연적인 하천으로 변경함으로써 기존의 홍수능력을 확장함과 동시에 야생동식물에게 서식처를 제공하고 이를 통해 지역의 생물종다양성 증진시킬 수 있었다. 자연형 하천으로 복원된 칼랑 강 비산 공원은 하천의 배수능을 증대시키고 친수기능을 향상시켰을 뿐만 아니라 생물다양성이 30퍼센트까지 증가되었고, 66종의 야생화, 59종의 새, 22종의 잠자리가 비산 공원에서 확인된 것으로 보고되었다.¹⁰¹⁾

중국의 하얼빈의 춘리신도시에 조성된 춘리빗물공원은 도시개발로 인해 훼손되고 사라질 위기에 놓인 습지지역을 빗물공원으로 조성함으로써 자연성을 회복하였다. 습지로 복원된 공원은 빗물을 차집하고 정화하며, 빗물을 대수층으로 침투시킨다. 도시지역과 공원의 경계지역에 조성된 연못과 둔덕은 자연적으로 진화할 수 있도록 남겨진 습지지역을 위하여 도시로부터 유입되는 빗물을 여과하고 정화하는 완충지역으로서, 그리고 자연과 도시 사이에 전이지대로서 역할을 할 수 있도록 설계되었다. ¹⁰²⁾



〈그림 3-4〉 춘리 빗물 공원의 설계 개념도(좌) 및 조성 후 전경(우)

자료: 미조경가협회 <http://www.asla.org/2012awards/026.html>

포틀랜드의 주거단지와 도심지에 조성된 시스키유 그린스트리트의 식재 커브익스텐

101) Atelier Dreiseitl, *Bishan-Ang Mo Kio Park and Kallang River* (Retrieved from http://blogs.gsd.harvard.edu/loeb-fellows/files/2012/11/AD-Ref_Singapore_Bishan-Park.pdf, 2002), pp. 1-33.

102) William S. Saunders(Ed.), *op. cit.*, pp. 152-3.

선과 사우스웨스트 12번 애비뉴 그린스트리트의 강우플랜터에 식재된 다양한 자생식물과 토양은 경관을 향상시킬 뿐 아니라 생태적인 저류과정을 통해서 강우유출수의 수질을 향상시킬 수 있는 기능적 요소로서 작동한다. 특히 커브익스텐션과 강우플랜터에 식재된 등심초는 강우처리에 적합한 식재로 수직적인 형태와 깊은 뿌리를 통해 도로와 가로의 오염원을 여과하고 지반으로 침투시킬 수 있다.¹⁰³⁾¹⁰⁴⁾



〈그림 3-5〉 사우스웨스트 12번 애비뉴 그린스트리트 강우유출수 처리과정

자료: 미조경가협회 <http://www.asla.org/awards/2006/06winners/341.html> 를 연구자가 수정

캘리포니아의 골든게이트 공원 내에 조성된 캘리포니아 과학 아카데미의 녹화지붕은 25종, 170만의 자생식물과 토양에 의해 지붕에 떨어지는 빗물을 흡수하고 여과할 수 있다. 이를 통해서 연간 약 13,248m³ 에 해당하는 전체 강우유출수의 93퍼센트를 저감시키고, 약 15cm 깊이의 토양층은 건물내부에 단열효과를 가져와 여름철 평균 5℃까지 건물온도를 낮출 수 있다.¹⁰⁵⁾

103)BES, 'NE Siskiyou green street project report', Sustainable Stormwater Management Program, Bureau of Environmental Services (Portland: City of Portland, 2005), p. 6.

104)BES(2007), *op. cit.*, p. 5.

105)Ying-Yu Hung, Gerdo Aquino and Charles Waldheim, *op. cit.*, p. 66.



〈그림 3-6〉 캘리포니아 과학 아카데미 옥상녹화 식재상자(좌) 및 조성 후(우)

자료: 미조경가협회 <http://www.asla.org/2009awards/111.html>

포틀랜드의 마운트 타보 중학교 주차장에 조성된 레인가든은 주변의 건물옥상과 포장면에서 유입된 강우유출수를 레인가든의 식물과 토양을 통해 빗물의 유속을 줄이고, 지면으로 빗물을 흡수함과 동시에 정화한다. 강우강도에 따라 강우유출수는 레인가든 내에서 약 20cm 깊이에 도달할 때까지 차집되고, 수용량이 초과될 경우에만 레인가든에서 유출되어 도시의 하수시설로 유입된다. 하지만 레인가든에 저류되는 유출수가 두 시간 내에 완벽하게 지면으로 흡수될 수 있도록 레인가든의 침투율이 시간당 5-10cm로 다양하게 설계되어, 2006년 완공된 이후 레인가든에서 차집한 모든 빗물은 합류식하수시스템으로 유출되지 않고 레인가든 내에서 모두 지표면으로 흡수되었다.¹⁰⁶⁾



〈그림 3-7〉 마운트 타보 중학교 레인가든 강우유출수 처리과정

자료: 미조경가협회 http://www.asla.org/awards/2007/07winners/517_nna.html 를 연구자가 수정

이와 같이 강우플랜터, 커브익스텐션, 옥상녹화, 레인가든, 인공습지 등 식생, 토양,

106) BES(2008), *op. cit.*, p. 6.

무기질을 활용한 식생기반의 그린인프라는 비식생기반의 공학적인 시스템에서는 제공할 수 없는 생물학적 과정을 통해서 강우유출수를 증발산, 침투, 여과하여 유출량을 저감시키고 정화시킬 뿐만 아니라 열섬효과 완화, 미기후 개선, 생물서식처 제공 등 생태적인 시스템으로서 작동할 수 있다.

3. 다차원적 접근으로서 그린인프라스트럭처

개별적인 그린인프라 기술요소는 주택정원의 레인가든, 도심지 건물의 옥상녹화에서부터 가로와 도로변의 강우플랜터, 커브익스텐션, 그리고 도심지의 빗물공원, 생태하천 등 크고 작은 오픈스페이스까지 다양한 토지이용에 다차원적인 스케일로 새로운 개발과 재개발, 그리고 기존 자산 모두에 적용될 수 있다.

도시차원의 그린인프라는 고밀화된 도시의 빗물공원, 습지공원, 생태하천, 그린(블루)웨이 등 도시의 주요한 크고 작은 녹지공간과 오픈스페이스에 적용될 수 있다. 예를 들어, 앞서 살펴본 테너 스프링스 공원, 춘리빗물공원, 갈랑 강 비산 공원은 생태연못, 습지복원, 하천복원, 빗물공원 조성 등을 통해서 도시의 불투수층 지역에서 발생하는 강우유출수를 공원의 다양한 녹지공간과 수공간을 통해서 차집하고 정화하여 지반으로 침투될 수 있도록 하였다.

단지차원의 그린인프라는 건물의 옥상녹화와 벽면녹화, 지붕저류, 그리고 건물주변의 레인가든, 인공습지, 생태연못, 빗물저장시설 등의 소규모의 그린인프라와 함께 단지 내 녹지와 가로와 도로에 조성된 식생수로, 생태연못, 강우저류연못, 침투트렌치, 투수성포장 등을 포함한다. 예를 들어, 앞서 살펴본 크레스지 재단 본사, 하이포인트 주거단지에서는 단지 내의 건물옥상과 건물주변에 조성된 옥상녹화, 레인가든, 인공습지, 식생수로, 생태연못 등의 그린인프라 요소들을 통해 단지의 녹지, 건물옥상, 단지 내 가로와 도로에서 발생하는 강우유출수를 차집하고 정화하여 지반으로 침투될 수 있도록 하였다.

부지와 건물차원의 그린인프라는 건물의 옥상녹화와 벽면녹화, 지붕저류, 그리고 건물주변의 레인가든, 인공습지, 생태연못, 빗물저장시설 등의 소규모의 그린인프라 시설과 조경공간을 포함한다. 예를 들어 마운트 타보 중학교의 레인가든, 시드웰 프렌즈 학교 건물 앞뜰에 조성된 레인가든, 인공습지, 생태연못, 빗물저장시설과 건물옥상의 옥상녹화, 시드웰 프렌즈 학교의 옥상녹화는 부지와 건물의 옥상에서 발생하는 강우유출수를 차집하

고 정화하여 지반으로 침투 될 수 있도록 하였다.

가로차원의 그린인프라는 가로공간에 적합한 강우플랜터, 커브익스텐션, 식생수로, 수목여과상자 등이 적용되고, 주거단지의 가로 또는 고밀화된 도시의 가로 등 다양한 유형의 가로공간에 적용될 수 있다. 시스키유 그린스트리트의 커브익스텐션, 사우스웨스트 12번 애비뉴의 강우플랜터, 테일러28 그린스트리트의 레인가든, 투수성포장, 강우플랜터 등의 그린인프라 요소들은 가로와 도로에서 발생하는 강우유출수를 차집하고 정화하여 지반으로 침투 될 수 있도록 하였다.

제4장 그린인프라스트럭처 국내 적용성 검토

제1절 용산공원 설계 국제공모 출품작 그린인프라스트럭처 전략 분석

국내 최초로 국가공원으로 조성되고 있는 용산공원은 약 200만²m가 넘는 면적으로 뉴욕의 센트럴 파크와 여의도 신시가지의 크기와 견줄만하고, 서울의 중심부에 위치하여 남산과 한강을 잇는 생태적으로도 주요한 역할에 놓여있다. 또한 지난 100여년의 시간 동안 우리에게는 닫혀진 공간으로 러일전쟁 이후로는 일본군이, 해방 이후부터 지금까지는 미군에 의해 점유되어 왔다. 이처럼 용산공원이 지니고 있는 규모, 위치, 역사, 문화, 생태적 의미는 여타의 도시공원과는 다르다.

이러한 용산공원은 도시 물순환의 관점에서도 여타의 도시공원과는 구별되기를 요구받고 있다. 2011년 10월에 작성된 「용산공원정비구역 종합기본계획」에는 향후 조성될 용산공원에 물순환 시스템 구축, 분산형 빗물관리시스템 구축, 빗물관리방안 검토 등을 요구하고 있다. 이를 구체적으로 살펴보면 “첫째, 공원의 상하수도, 빗물 등 복합적, 입체적 물순환 시스템과 물과 연계된 습지, 소하천, 실개천이 서로 연계성을 갖는 수순환 생물생태 네트워크를 구축한다. 둘째, 외부에서의 물공급을 최소화하기 위해 빗물 및 중수를 활용해 상수도 물을 절감하며 도시의 수자원을 공원 내부로 적극 도입하여 도시 전체 차원의 물순환 체계를 형성한다. 셋째, 대상지의 빗물침투환경이 서울시 및 용산구 전체 평균에 비해 양호하여 물순환 시스템 구축이 유리하므로 투수성 포장 및 자연지반 보존을 통해 지반에 우수를 분산 침투시키고, 지하공간에 우수 집수시설을 설치하는 방안을 검토한다. 넷째, 분산형 빗물관리를 위해서 기존의 구조물(유류저장시설, 건물 지하실 등)을 최대한 활용하여 빗물을 저장하고 기존의 우수한 빗물관리 사례를 바탕으로 적합한 빗물관리계획을 수립하며 여러 지형에 적용할 수 있는 빗물관리기술 및 시설들에 대한 평가를 통해 현실적 방안을 적용한다”¹⁰⁷⁾ 등의 물순환 시스템 구축, 분산형 빗물관리시스템 구축, 빗물관리방안 검토 등의 구체적인 내용을 제시하였다.

또한 용산공원 설계 국제공모와 관련하여 2011년 12월에 작성된 「용산공원 설계 국

107) 국토해양부, 『용산공원정비구역 종합기본계획』 (국토해양부, 2011), pp. 136-8.

제공모 지침서」에는 그린인프라와 관련하여 “첫째, 공원을 소유역으로 나누어, 주요 결절지점에 저류 및 친수공간 기능을 담당하는 호와 이를 연결하는 내, 그리고 빗물 저장과 정화 기능을 하는 습지를 조성한다. 둘째, 만초천 지류를 복원하고 기존 전쟁기념관 및 중앙박물관의 수경시설과의 연계성을 확보하며, 장기적으로는 공원밖의 물길과도 연계성을 확보하는 방안을 강구한다” 108)는 수계의 회복과 조성, 물순환 체계의 구축 등에 관한 구체적인 내용을 제시하였다.

이에 본 절에서는 국내 최초로 국가공원으로 조성되고 있는 용산공원의 2012년 4월 ‘용산공원 설계 국제공모’에 출품된 8개 작품의 설계설명서(영문)와 패널(영문)을 토대로 각각의 설계안들이 제시한 그린인프라 전략을 분석하고 이를 토대로 향후 조성될 용산공원과 주변 도시지역의 물순환 회복을 위해 적합한 그린인프라 전략을 도출하고자 한다.

〈표 4-5〉 용산공원 설계 국제공모 지명 초청팀 출품작 개요

	지명 초청팀	출품 작품명	심사결과
1	West8, 이로재 외	Healing: The Future Park Yongsan Park, Korea	당선작
2	신화컨설팅, 서안알앤디 디자인 외	Yongsan Park: New Public Relevance	2등작
3	James Coner Field Operations, 삼성에버랜드 외	Openings Seoul' s New Central Park	3등작
4	조경설계 서안, M.A.R.U. 외	Yongsan Park Towards Park Society	
5	씨토포스, SWA 외	Multipli-City	가작
6	동심원조경기술사사무소, Oikos Design 외	Sacred Presence: Countryside in Citycenter	
7	그룹한 어소시에이트, Turenscape 외	Yongsan Madangs	
8	CA조경기술사사무소, Weiss/Manfredi 외	Connecting Tapestries from Ridgeline to River	

1. 용산공원 설계 국제공모 출품작 그린인프라스트럭처 전략 분석내용

용산공원 설계 국제공모에 출품된 설계안들의 그린인프라 전략을 분석하기 위하여 「용산공원정비구역 종합기본계획」과 「용산공원 설계 국제공모 지침서」에서 용산공원의 그린인프라 전략과 관련하여 제시한 내용을 토대로 수체계, 수순환, 수질정화, 빗물침

108)국토해양부, 『용산공원 설계 국제공모 지침서』(국토해양부, 2011), p. 17.

투, 빗물이용, 홍수예방 등 6가지의 그린인프라 전략 분석내용을 도출하였다.

첫째, 수체계는 공원 내에 호, 연못, 습지 등 다양한 수공간의 배치와 이들을 연결하는 하천, 수로, 내 등 공원에 조성된 다양한 물길의 배치 등의 수체계에 관련된 구체적인 전략을 분석한다. 둘째, 수순환은 수체계에 제시된 다양한 수공간과 물길의 유지용수를 공급하기 위한 수원공급과 유지용수의 배출 등 공원 내 수순환에 관련된 구체적인 전략을 분석한다. 셋째, 수질정화는 공원 내 다양한 수변과 수공간에 식재된 수질정화를 위한 수생식물과 식생수로, 레인가든 등의 녹지공간을 통해 자연적이고 생태적인 방식으로 우수유출수를 정화하는 수질정화에 관련된 구체적인 전략을 분석한다. 넷째, 빗물이용은 공원 내에서 발생하는 우수를 빗물저장시설에 저장하여 공원 내 건물의 시설용수, 관개용수, 유지용수 등에 활용하는 빗물이용에 관련된 구체적인 전략을 분석한다. 다섯째, 빗물침투는 공원 내에서 발생하는 강우유출수를 지반으로 침투할 수 있는 레인가든, 강우플랜터, 식생수로, 침투트렌치, 투수성포장 등의 침투형 녹지공간과 침투시설 등에 관련된 빗물침투에 관련된 구체적인 전략을 분석한다. 여섯째, 홍수예방은 집중호우 시 공원 내에서 발생하는 강우유출수를 저장, 저류 할 수 있는 저류지, 우수지 등 홍수예방에 관련된 구체적인 전략을 분석한다.

〈표 4-6〉 용산공원 설계 국제공모 출품작 그린인프라 전략 분석내용

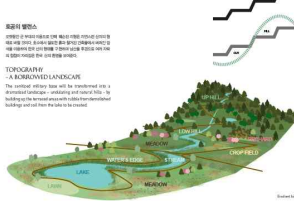
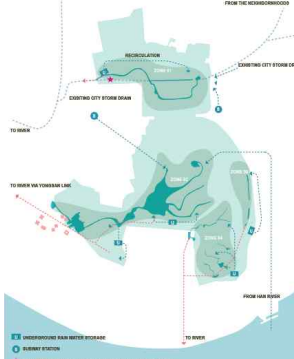

분류	분석내용
수체계	공원 내에 호, 연못, 습지 등 다양한 수공간의 배치와 이들을 연결하는 하천, 수로, 내 등 공원에 조성된 다양한 물길의 배치 등 등 새롭게 조성되고 복원된 수체계에 관련된 구체적인 전략
수순환	수체계에 제시된 다양한 수공간과 물길의 유지용수를 공급하기 위한 수원(水原)공급과 유지용수의 배출 등 공원 내 수순환에 관련된 구체적인 전략
수질정화	공원 내에서 발생하는 강우유출수를 공원 내 다양한 수공간에 식재된 수생식물과 식생수로, 레인가든 등의 녹지공간을 통해 자연적이고 생태적인 방식으로 정화하는 수질정화에 관련된 구체적인 전략
빗물침투	공원 내에서 발생하는 강우유출수를 지반으로 침투할 수 있는 레인가든, 강우플랜터, 식생수로, 침투트렌치, 투수성포장 등의 침투형 녹지공간과 침투시설 등에 관련된 구체적인 전략
빗물이용	공원 내에서 발생하는 강우유출수를 빗물저장시설에 저장하여 공원 내 건물의 시설용수, 관개용수, 유지용수 등에 활용하는 우수활용에 관련된 구체적인 전략
홍수예방	집중호우 시 공원 내에서 발생하는 강우유출수를 저장, 저류 할 수 있는 저류지, 우수지 등 홍수예방과 관련된 구체적인 전략

2. 용산공원 국제설계공모 출품작 그린인프라스트럭처 전략 분석

(1) 'Healing: The Future Park Yongsan Park, Korea' 그린인프라 전략

당선작인 West8과 이로재 외에서 출품한 'Healing: The Future Park Yongsan Park, Korea'에서는 수체계, 수순환, 수질정화, 빗물이용 등의 그린인프라 전략을 제시하였다.

〈표 4-7〉 'Healing: The Future Park Yongsan Park, Korea' 그린인프라 전략

구분	전략	제시안
수체계 / 수순환 / 빗물이용	-호수에서 절토한 흙과 철거된 건축물에서 버려진 잡석을 이용하여 한국 산의 형태를 구현하며 남산을 후경으로 여러 자락의 첩첩이 자리잡은 한국 산의 환영을 보여줌	
	-수순환체계는 네 가지 구역으로 나누어 관리 -복원된 만초천은 도시의 생활하수를 정화해 사용하며 재순환시스템으로 운영 -강변여과수를 흘려보내 호수를 구성 -용산국제업무지구를 통해 한강으로 되돌아 감 -3구역과 4구역은 우수를 이용하고 도시의 우수관을 통해 한강으로 배출 -모든 구역의 지하에 빗물저장탱크를 설치	
수질정화	-현재의 미군병원 건물은 기존의 건물에 연꽃정원으로 제안 -호수로부터 유입된 물은 이곳에서 자연적으로 정화되고 공원 외부로 배수됨	
빗물침투	없음	없음
홍수예방	없음	없음

첫째, 수체계에 관련하여서는 공원의 입구부에 대규모의 인공호수와 물길을 조성하였고, 복개되고 수로화된 만초천을 복원하고 주변으로 자연형 하천을 조성하였으며, 대규모 인공호수와 연결된 생태연못을 조성하는 등 인공호수, 자연하천, 생태연못 등의 다양한 수체계가 제시되었다.

둘째, 수순환, 빗물이용에 관련하여서는 용산공원을 네 구역으로 나누어 복원된 만초천은 도시의 생활하수를 정화해 사용하며 재순환시스템으로 운영되고, 새롭게 조성된 호수는 산맥의 계곡으로부터 흘러오는 작은 하천들로부터 수원을 공급받으며, 에코 플레이

지역으로 지류가 확장하여 용산국제업무지구를 통해 한강으로 되돌아간다. 공원 내 수원으로 우수를 활용하고 도시의 배수관을 통해 한강으로 배출되며, 지하에 빗물저장탱크를 설치한다는 전략과 이를 보여주는 다이어그램을 도식화하였다.

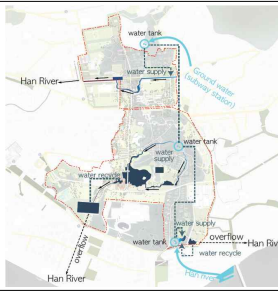
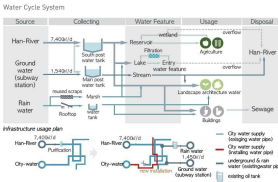
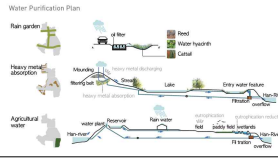
셋째, 수질정화에 관련하여서는 현재의 미군병원 건물을 기존의 건물에 연꽃정원으로 제안하고, 호수로부터 유입된 물은 이곳에서 자연적으로 정화되고 공원 외부로 배수된다는 전략과 이미지를 제시하였다.

하지만, 수질정화에 대한 생태적인 고려가 미흡하고, 빗물이용에 대한 다양한 전략이 부족하며, 빗물침투, 홍수예방 등에 대한 전략이 부재하다.

(2) ‘Yongsan Park: New Public Relevance’ 그린인프라 전략

신화컨설팅과 서안알앤디디자인 외에서 출품한 ‘Yongsan Park: New Public Relevance’에서는 수체계, 수순환, 수질정화, 빗물이용 등의 그린인프라 전략을 제시하였다.

〈표 4-8〉 ‘Yongsan Park: New Public Relevance’ 그린인프라 전략

구분	전략	제시안
수체계 / 수순환 / 빗물이용	-공원용수는 기존 상수관을 활용하여 한강복류수, 지하 철유출수, 우수를 수원으로 활용	 
수질정화	-식생정화, 레인가든, 생태습지를 통해 지속적으로 정화, 순환하는 시스템	
홍수예방	없음	없음
빗물침투	없음	없음

첫째, 수체계, 수순환, 빗물이용에 관련하여서는 기존 상수관을 활용하여 한강복류수, 지하철유출수, 우수를 수원으로 활용한다는 전략과 이를 보여주는 다이어그램을 도식화하였다.

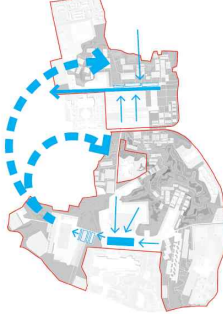
둘째, 수질정화에 관련하여서는 식생정화, 레인가든, 생태습지를 통해 지속적으로 정화, 순환하는 시스템을 갖는다는 전략과 이를 보여주는 다이어그램으로 도식화하였다.

하지만, 레인가든, 생태습지 등 수공간과 녹지를 활용한 수질정화 전략이 실제 공간 프로그램과의 연계성을 찾기 힘들고, 홍수예방과 빗물침투 등에 관한 전략이 부재하다.

(3) 'Openings Seoul's New Central Park' 그린인프라 전략

James Coner Field Operations와 삼성에버랜드 외에서 출품한 'Openings Seoul's New Central Park' 에서는 수체계, 수순환, 수질정화, 빗물침투 등의 그린인프라 전략을 제시하였다.

〈표 4-9〉 'Openings Seoul's New Central Park' 그린인프라 전략

구분	전략	제시안
수체계 / 수순환	-지속가능성을 위한 수문학	
수질정화 / 빗물침투	<p>-여과지(filter bed): 빗물은 식생수로, 습지, 연못 등 다양한 자연처리시스템을 통해서 차집되고, 수질을 향상</p> <p>-자생식물: 공원의 대부분 지역은 자생식물과 적응식물로 식재되고, 이것은 적은 관수를 필요로 하는 경관을 창출</p> <p>-스마트 관수: 관수의 효율성을 향상시키는 증발산측정 시스템(ETMS)를 사용하여 관리</p> <p>-투수성 포장: 공원의 불투수층 지역의 95퍼센트를 제거하고, 투수성포장기술의 활용은 강우유출수 저감, 수질 향상, 지하수 함양</p>	<p>Filter beds Rain will be directed through multiple natural treatment systems, including bioswales, wetlands, the soil column, and ponding structures. These systems will improve water quality.</p> <p>Native plants A predominate area of the park will be planted with native and adapted plant species. This will create a landscape that requires little irrigation following initial establishment.</p> <p>Smart irrigation Irrigation will be managed using an Evaporation Transpiration Monitoring System (ETMS) which irrigates plants based upon the soil and plant water loss rates, improving irrigation efficiency.</p> <p>Permeable pavement Removal of 95% of the site's impermeable surfaces (i.e. buildings, sidewalks, roads) and utilization of porous pavement technology will result in reduced stormwater runoff, improved water quality, and increased groundwater recharge.</p>
빗물이용	없음	없음
홍수예방	없음	없음

첫째, 수체계, 수순환에 관련하여서 ‘지속가능성’ 전략으로 물순환 과정을 보여주는 다이어그램을 제시하였다.

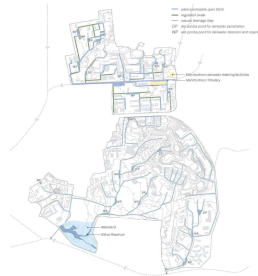
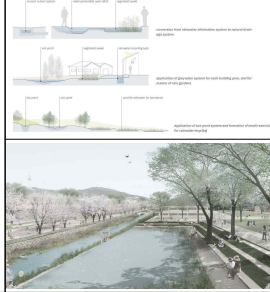
둘째, 수질정화, 빗물침투에 관련하여서는 여과지, 자생식물, 스마트 관수, 투수성 포장 등을 활용한다는 전략과 이미지를 제시하였다.

하지만, 수체계, 수순환, 수질정화, 빗물침투 등의 전략이 간략한 다이어그램으로만 제시되어 있고 공간프로그램과의 연계성과 구체성이 부족하다. 또한 홍수예방과 빗물이용 등에 관한 구체적인 전략이 부재하다.

(4) ‘Yongsan Park Towards Park Society’ 그린인프라 전략

조경설계서안과 M.A.R.U. 외에서 출품한 ‘Yongsan Park Towards Park Society’ 에서는 수체계, 수순환, 수질정화, 빗물침투, 빗물이용 등의 그린인프라 전략을 제시하였다.

〈표 4-10〉 ‘Yongsan Park Towards Park Society’ 그린인프라 전략

구분	전략	제시안
수체계 / 수순환	-우수를 배수하기 위한 효율성에 집중한 기존의 수체계는 ‘생태적 수관리’의 원칙에 기초하여 수체계로 재조직	
수질정화 / 빗물침투 / 빗물이용	-가능한 경제적인 수자원 관리를 통해 생태적인 수환경을 제공함으로써 건전한 공원을 향한 시스템을 재조직하는 것을 의도 -생태적인 수환경을 형성하기 위해서 하수관의 배수시스템을 수질정화 물길, 생태적 물길 등의 자연적 배수체계와 경제적 효율성과 함께 지하수를 함양할 수 있는 건식연못, 습식연못, 빗물저장시설, 중수시스템 등으로 변화	
홍수예방	없음	없음

첫째, 수체계, 수순환에 관련하여서는 우수를 배수하기 위한 효율성에 집중한 기존의 수체계를 ‘생태적 수관리’의 원칙에 기초한 수체계로 재조직 한다는 전략을 제시하고 이를 보여주는 다이어그램을 제시하였다.

둘째, 수질정화, 빗물침투, 빗물이용에 관련하여서는 생태적인 수환경을 제공함으로


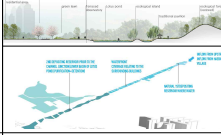


서 하수관의 배수체계를 수질정화 물길, 생태적 물길 등의 자연적 배수체계와 경제적 효율성과 함께 지하수를 함양할 수 있는 건식연못, 습식연못, 빗물저장시설, 중수시스템으로 변화시킨다는 ‘수계의 재사용’ 전략과 이를 보여주는 다이어그램과 이미지를 제시하였다.

하지만, 수순환에 대한 구체적인 전략이 미흡하고, 홍수예방 등에 관한 전략이 부재하다.

(5) ‘Multipli-City’ 그린인프라 전략

씨토포스와 SWA 외에서 출품한 ‘Multipli-City’에서는 수체계, 수순환, 수질정화, 홍수예방 등의 그린인프라 전략을 제시하였다.

〈표 4-11〉 ‘Multipli-City’ 그린인프라 전략

구분	전략	제시안
수체계 / 수순환	<ul style="list-style-type: none"> -복원을 통해서 수계, 언덕, 산지 개울, 연못 등 조성 -이러한 수공간과 물길은 다양한 공원 프로그램 제공 	
수질정화	<ul style="list-style-type: none"> -연(蓮)연못은 만초천으로부터 물을 유입하여 깨끗한 물을 배출하는 수질정화장치의 역할 	
	<ul style="list-style-type: none"> -만초천의 선형적인 형태는 더 자연적인 상태로 복원되고, 다양한 단계는 새로운 공원 프로그램과 수질정화 시스템을 제공 	
홍수예방	<ul style="list-style-type: none"> -저류지는 고밀의 전쟁기념관에 상응하여 동적인 사선으로 구성, 저류연못으로 작동하면서 시각적인 흥미와 경험을 제공 -공연과 놀이시설과 같은 다양한 프로그램과 기능을 제공함으로써 문화적 중요성을 제공 	
빗물침투	없음	없음
빗물이용	없음	없음

첫째, 수체계, 수순환에 관련하여서는 수계, 언덕, 산지 개울, 연못 등을 복원하고, 복원된 수공간과 물길은 다양한 공원 프로그램을 제공한다는 전략과 이를 보여주는 다양한 다이어그램과 이미지를 제시하였다.

둘째, 수질정화에 관련하여서는 만초천을 수질정화 시스템으로 조성한다는 전략과 다이어그램을 제시하였고, 만초천과 연결된 연(蓮)연못을 조성하여 만초천으로부터 물을 2차적으로 정화하는 수질정화장치의 역할을 한다는 전략과 다이어그램을 제시하였다.

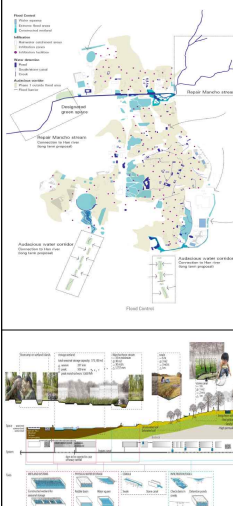
셋째, 홍수예방에 관련하여서는 ‘랜드폼 디텐션 풀’ 을 조성하여 집중호우시에는 저류연못으로 작동하면서 시각적인 흥미와 경험을 제공하고, 건기시에는 공연과 놀이시설과 같은 다양한 프로그램과 기능으로 활용한다는 전략과 이미지를 제시하였다.

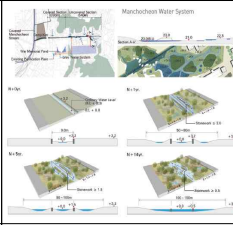
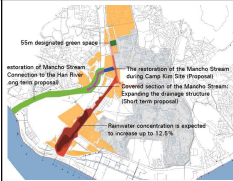
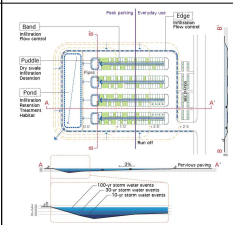
이와 같이 설계안에는 다양한 수공간과 물길을 복원하고 만초천을 수질정화 시스템으로 활용하며 연(蓮)연못을 통해 수질을 정화하도록 하였고, 홍수예방을 위한 가변적인 저류연못을 조성하였다. 하지만, 빗물침투와 빗물이용에 대한 구체적인 전략이 부재하다.

(6) ‘Sacred Presence: Countryside in Citycenter’ 그린인프라 전략

동심원조경기술사무소와 Oikos Design 외에서 출품한 ‘Sacred Presence: Countryside in Citycenter’에서는 그린인프라와 관련하여 수체계, 수질정화, 빗물침투, 홍수예방 등의 전략을 제시하였다.

〈표 4-12〉 ‘Sacred Presence: Countryside in Citycenter’ 그린인프라 전략

구분	전략	제시안
수체계 / 수순환 / 수질정화 / 홍수예방 / 빗물침투	<ul style="list-style-type: none"> -용산공원은 홍수조절지로서 역할을 수행하고 범람은 역동적인 경관이 될 것 -생태적이고 시적인 경험 뿐 아니라 홍수의 예방과 저류를 위해서 수체계를 설계 -빗물침투는 토양상태와 침투율에 따라 계획 -곳곳에 배치되어 있는 침투와 저장시설에 사용된 재질과 구조는 기존 건물과 포장을 재활용 -저류된 강우는 인공습지에 저장 -습지의 면적은 몬순기후에 활용가능한 강우유출수와 건기시 증발산에 기초 -습지는 완전히 메마르지 않고 건기 동안 저지대에 쾌적한 미기후를 제공 	

	<ul style="list-style-type: none"> -만초천을 복원하는 것을 제안 -단기계획에서는 만초천의 복개지역을 통해서 배수관이 확장되고 장기계획에서 만초천은 도시계획에 따라 한강으로 연결 -복원된 만초천은 녹사평 지역에 범람을 예방 -하천의 경계는 수질을 정확하고 저류할 수 있도록 함 	
	<ul style="list-style-type: none"> -홍수를 예방하기 위해서 메인포스트의 북쪽지역에 저류지역을 제안 -55미터 폭의 녹지공간은 공원으로부터 범람을 흡수 	
	<ul style="list-style-type: none"> -저지대에 투수성과 침투율이 낮은 저지대에는 자연적 침투, 기술적 방안이 사용 -지하주차장은 저류시설과 결합되고, 선근 주차장은 집중호우 동안 강우를 저장하고 범람을 위한 공간 제공 	
빗물이용	없음	없음

첫째, 수체계, 수질정화에 관련하여서는 만초천을 복원하여 녹사평 지역에 범람을 예방하고, 하천의 경계는 수질을 정확하고 저류할 수 있도록 한다는 전략과 다이어그램을 도식화하였다. 또한 저류된 강우는 인공습지에 저장되고, 습지의 면적은 몬순기후의 강우 유출수와 건기시 증발산에 기초하며, 습지는 완전히 메마르지 않고 건기 동안 저지대에 쾌적한 미기후를 제공한다는 전략과 다이어그램과 이미지를 제시하였다.

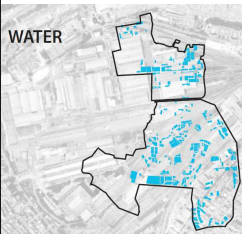

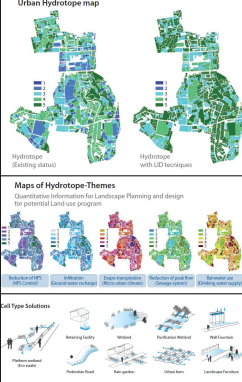
둘째, 빗물침투에 관련하여서는 토양상태와 침투율에 따라 빗물침투가 계획되었으며, 곳곳에 배치되어 있는 침투와 저장시설에 사용된 재질과 구조는 기존 건물과 포장재를 재활용하였다는 전략을 제시하였다. 또한 공원의 고지대는 강우유출수를 억제하고 침투를 향상시킴으로서 빗물을 침투하도록 하고, 투수성과 침투율이 낮은 저지대에는 자연적 침투와 기술적 방안을 사용한다는 전략과 다이어그램을 도식화하였다.

셋째, 홍수예방에 관련하여서는 메인포스트의 북쪽지역에 저류지역을 제안하였고, 주차공간이 집중호우 동안 강우를 저장하고 범람을 위한 공간으로 제공된다는 전략과 다이어그램과 제시하였다. 용산공원은 홍수조절지로서 역할을 수행하고 범람은 역동적인 경관이 될 것이며, 강우의 저류를 최대화하고, 습지는 일시적인 저장과 저류를 위한 여분의 수용력을 제공한다는 전략을 제시하였다. 또한 생태적이고 시적인 경험 뿐 아니라 홍수의 예방과 저류를 위해서 수체계가 설계되었다는 다양한 전략을 제시하였다.

(7) ‘Yongsan Madangs’ 그린인프라 전략

그룹한 어소시에이트와 Turenscape 외에서 출품한 ‘Yongsan Madangs’에서는 수체계, 수질정화, 빗물이용, 빗물침투, 홍수예방 등의 그린인프라 전략을 제시하였다.

〈표 4-13〉 ‘Yongsan Madangs’ 그린인프라 전략

구분	전략	제시안
수체계	<ul style="list-style-type: none"> -수체계 다이어그램 제시 -수계의 성장 다이어그램 제시 	
수질정화 / 빗물이용 / 빗물침투 / 홍수예방	<ul style="list-style-type: none"> -현재 있는 측구들을 열고, 친환경적으로 조성함으로써 수환경을 복원 -복원된 수계는 수생태계와 친수 프로그램을 위한 정화된 물을 제공할 뿐 아니라 계절에 따라 변화하는 다양한 경관을 만들어 냄 	
	<ul style="list-style-type: none"> -도시 하이드로-토프(Urban Hydrotape)전략 -수리학적 기본 공간단위의 기능과 현황을 파악 -도시화에 따라 영향이 미치게 될 3 water system(하천수질, 자연 물순환, 도시물관리)을 고려한 계획방법을 개발 -3 water system(하천수, 자연물순환, 도시물관리 체계의 수질)의 개선을 위해 토지이용 유형 및 공간프로그램을 고려한 LID기술의 최적화 된 규모를 제시 	
수순환	없음	없음

첫째, 수체계에 관련하여서는 수공간의 위치를 보여주는 수체계 다이어그램과 시간의 흐름에 따라 수계의 성장을 나타내는 단계적 다이어그램을 제시하였다.

둘째, 수질정화, 빗물이용, 빗물침투, 홍수예방과 관련하여서는 현재 있는 측구들을 열고, 친환경적으로 조성함으로써 수환경을 복원하고, 이렇게 복원된 수계는 수생태계와

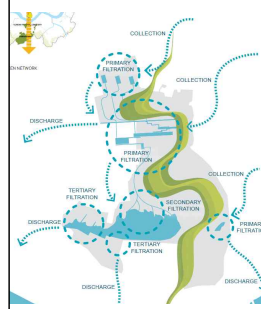
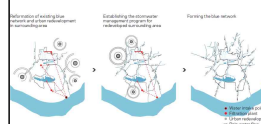
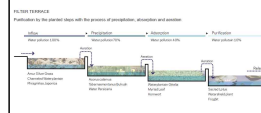
친수 프로그램을 위한 정화된 물을 제공하며, 계절에 따라 변화하는 다양한 경관을 만들어낸다는 전략과 이를 보여주는 다이어그램과 이미지를 제시하였다. 또한 수리학적 기본 공간단위의 기능과 현황을 파악하고, 토지이용 유형 및 공간프로그램을 고려한 저영향개발 기술의 최적화 된 규모를 제시한다는 ‘도시 하이드로-토프(Urban Hydrotope)’¹⁰⁹⁾ 전략과 이를 보여주는 다양한 다이어그램을 제시하였다.

하지만, 수순환에 대한 구체적인 전략이 부재하고, 물관리 전략으로 제시한 “도시 하이드로-토프”와 설계안의 공간프로그램들 사이에 연계성을 찾기 힘들다. 또한 이러한 도시 하이드로-토프 전략이 어떻게 공원에서 구현되는지에 대한 구체성이 부족하다.

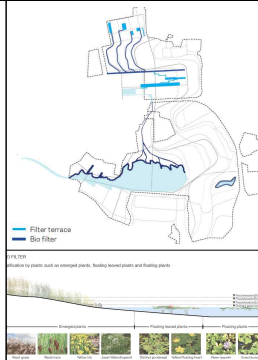

(8) ‘Connecting Tapestries from Ridgeline to River’ 그린인프라 전략

CA조경기술사사무소와 Weiss/Manfredi 외에서 출품한 ‘Connecting Tapestries from Ridgeline to River’에서는 그린인프라와 관련하여 수체계, 수순환, 수질정화 등의 전략을 제시하였다.

〈표 4-14〉 ‘Connecting Tapestries from Ridgeline to River’ 그린인프라 전략

구분	전략	제시안
수체계 / 수순환	<ul style="list-style-type: none"> -산지에서 계곡으로 흐르는 물은 관개용수, 거울연못, 연못, 경작을 위한 주요한 수자원으로 활용 -이러한 각각의 요소들은 더 큰 지속가능한 접근 내에서 통합되고 공원과 주변지역으로부터 강우는 차집되고 한강으로 배출되기 전에 자연적으로 정화 -홍수조절지, 생물정화 연못, 습지, 생태습지는 공원의 생태계를 향상시키고 한강의 건전한 수역을 개선하기 위해서 더 큰 수경관 내에서 통합 	 
수질정화	<ul style="list-style-type: none"> -수질정화의 두 가지 방법이 새로운 수체계 네트워크에 사용됨 -유수의 시점에 조성된 필터테라스는 수질정화를 위해 계단식 수생식물을 사용 	

109) 도시하이드로-토프(Urban Hydrotope): 인간의 활동이 영위되는 도시지역의 하이드로-토프를 의미함. 이는 물공급, 배수, 수질 등을 통해 가늠할 수 있다- “Yongsan Madangs” 설계설명서.

	<ul style="list-style-type: none"> -오염된 물은 침전, 흡수, 통기의 과정을 거쳐서 계단식 테라스를 통해서 흐름 -이 과정에서 오염된 물은 수생식물에 의해서 정화 -하천과 범람원 지역에 바이오필터는 수위에 따른 수생식물의 특성에 기초하여 설치됨 -유동적인 수위 변화에 안정적 정화를 위해서 정수식물, 부엽식물, 부유식물 등이 식재됨 -수생식물은 이러한 과정동안 오염을 줄이기 위해서 뿌리, 줄기, 잎을 효과적으로 사용 	
	<ul style="list-style-type: none"> -용산호수는 공원의 북쪽지역에 있는 더 큰 네트워크로부터 물을 수집하고 정화 -용산호수 북쪽 습지의 자연적인 경계는 물을 여과하는 역할을 제공 	
빗물침투	없음	없음
빗물이용	없음	없음
홍수예방	없음	없음

첫째, 수체계, 수순환에 관련하여서는 산지에서 계곡으로 흐르는 물을 관개용수, 거울연못 등을 위한 수자원으로 활용하고 이러한 각각의 수공간은 공원과 주변지역으로부터 강우를 차집하고 한강으로 배출되기 전에 자연적으로 정화한다. 홍수조절지, 생물정화 연못, 습지 등은 공원의 생태계를 향상시키고 한강의 수역을 개선하기 위해서 더 큰 수경관 내에서 통합시킨다는 전략과 다이어그램을 제시하였다.

둘째, 수질정화에 관련하여서는 공원의 하천, 호수, 습지 등의 공원 내에 조성되는 모든 수공간을 연결하여 하나의 거대한 정화시스템을 구축하고 필터 테라스와 바이오필터를 활용하여 수질을 정화한다는 전략과 이를 보여주는 다이어그램을 제시하였다.

이와 같이 설계안에는 공원의 하천, 호수, 습지 등의 모든 수공간을 연결하여 하나의 거대한 정화시스템을 구축하고 공원 외부의 도시지역에서 유입되는 공원 내 유지용수가 수생식물이 식재된 공원 내 수공간에서 침전, 흡수, 통기 등의 과정을 거쳐 생태적으로 수질을 정화한 후 한강으로 배출될 수 있도록 하였다. 하지만 수질정화 이외의 빗물침투, 빗물이용, 홍수예방에 대한 구체적인 전략이 부재하다.

3. 용산공원 설계 국제공모 출품작 그린인프라스트럭처 전략 분석종합

앞서 살펴본 8개의 용산공원 국제설계공모 설계안들이 제시한 수체계, 수순환, 수질 정화, 우수침투, 우수활용, 홍수예방 등의 그린인프라 전략을 분석한 결과를 종합하면 아래 표와 같다.

〈표 4-15〉 용산공원 설계 국제공모 출품작 그린인프라 전략 종합분석

출품작 제목		수체계	수순환	수질 정화	빗물 침투	빗물 이용	홍수 예방
Healing: The Future Park Yongsan Park, Korea	TX	◎	◎	△	-	△	-
	DG	◎	◎	-	-	△	-
	IM	-	-	△	-	-	-
Yongsan Park: New Public Relevance	TX	◎	◎	△	-	△	-
	DG	◎	◎	△	-	△	-
	IM	-	-	-	-	-	-
Openings Seoul' s New Central Park	TX	-	-	△	△	△	-
	DG	△	△	-	-	-	-
	IM	-	-	-	-	-	-
Yongsan Park Towards Park Society	TX	◎	-	△	△	△	-
	DG	◎	△	△	△	△	-
	IM	-	-	-	-	-	-
Multipli-City	TX	◎	-	◎	-	-	◎
	DG	◎	△	◎	-	-	◎
	IM	-	-	◎	-	-	◎
Sacred Presence: Countryside in Citycenter	TX	◎	-	◎	◎	-	◎
	DG	◎	△	◎	◎	-	-
	IM	-	-	-	-	-	◎
Yongsan Madangs	TX	-	-	◎	△	△	△
	DG	△	-	◎	◎	◎	◎
	IM	-	-	◎	-	-	-
Connecting Tapestries from Ridgeline to River	TX	◎	△	◎	-	-	-
	DG	◎	◎	◎	-	-	-
	IM	-	-	△	-	-	-

(주: ◎: 제시, △: 일부제시, - : 없음, TX: 텍스트, DG: 다이어그램, IM: 이미지)

첫째, 수체계와 관련하여서는 당선작을 비롯하여 대부분의 설계안에서 복개된 만초천을 복원할 뿐만 아니라 공원 내에 대규모의 호수, 습지 등의 수공간을 적극적으로 제시하였고 이들을 서로 연결하여 하나의 통합적인 수체계로 구축하고자 하였다. ‘Healing: The Future Park Yongsan Park, Korea’ 과 ‘Yongsan Park: New Public Relevance’, ‘Multipli-City’, ‘Connecting Tapestries from Ridgeline to River’ 등에서는 만초천의 기존 개거 구간을 복원하고 복원된 만초천과 연결하여 새로운 물길을 조성하였고, 국립박물관에 연접한 공원 입구지역인 남쪽부지에는 대규모의 인공호수를 조성하여 공원의 주요

한 수공간의 역할을 할 수 있도록 하는 등 등 공원 내에 통합적인 수체계를 구축하였다.

‘Yongsan Park Towards Park Society’ 와 ‘Yongsan Madangs’에서는 공원 내에 식생수로, 침투수로, 자연적 물길, 건천, 실개천 등 다양한 물길을 조성하였고 이와 연계하여 대상지 곳곳에 건식, 습식 연못, 정화습지, 저수지 등을 조성하는 등 다양한 수공간과 물길을 서로 연결하여 통합적인 수체계를 구축하고자 하였다.

둘째, 수순환과 관련하여서는 당선작을 비롯하여 대부분의 설계안에서 공원과 인접한 도시지역에서 발생하는 우수, 중수, 지하철역 배출수, 그리고 한강수 등을 활용하여 수원(水源)을 공급받고, 이를 다시 주변 도시지역과 한강으로 배출하는 외부와의 연계를 통한 수순환 구조를 구축하였으며, 수원의 일부는 공원 산지의 계곡, 빗물저장시설 등 공원 내에서 발생하는 우수를 활용하고자 하였다. ‘Healing: The Future Park Yongsan Park, Korea’에서는 4개의 구역으로 구분하여 복원된 만초천 유역은 동쪽지역의 공원과 인접한 도시지역으로부터 유입된 우수와 지하철 배출수를 활용하여 수원을 공급받아 하천의 유지용수로 활용하고 이를 다시 서쪽지역의 공원 밖의 도시지역으로 배출한다. 중앙호수 유역은 새롭게 조성된 주변의 산지의 계곡과 한강수, 지하철 배출수를 활용하여 수원을 공급받고 호수의 지류를 서쪽부지까지 확장하여 공원 밖의 도시지역의 배수관을 통해 한강으로 배출하고, 이외의 수공간은 공원 내의 우수를 활용하여 수원을 공급받고 한강으로 배출하는 시스템을 구축하였다. ‘Yongsan Park: New Public Relevance’에서는 복원된 만초천은 한강수와 지하철 배출수를 물탱크에 저장하여 수원을 공급받고 서쪽 공원 밖의 도시지역으로 배출하고, 대규모의 용산호수 유역에는 한강수를 수원으로 공급받고 이를 호수를 거쳐 서쪽의 연못으로 연결하여 다시 한강으로 배출한다. 이외의 수공간 역시 한강수를 수원으로 공급받고 다시 한강으로 배출하는 시스템을 구축하였다. ‘Yongsan Park Towards Park Society’, ‘Multipli-City’, ‘Sacred Presence: Countryside in Citycenter’, ‘Connecting Tapestries from Ridgeline to River’ 등은 수순환에 관한 구체적인 전략은 제시되지 않았지만 대부분이 공원 동측의 도시지역을 통해 수원을 공급받고 다시 공원 서측의 도시지역과 북측의 한강으로 배출하는 다이어그램을 제시하였다.

셋째, 수질정화와 관련하여는 대부분의 설계안이 공원 내에 조성된 호수, 연못, 습지, 하천 등 다양한 수공간과 호안, 하천변 등에 수생식물을 식재하여 생태적으로 수질을 정화할 수 있는 전략을 제시하였다. ‘Connecting Tapestries from Ridgeline to River’에서

는 공원의 하천, 호수, 습지 등의 모든 수공간을 연결하여 하나의 거대한 정화시스템을 구축하고 공원 외부의 도시지역에서 유입되는 공원 내 유지용수가 갈대, 부들, 노랑어리연꽃, 부레옥잠 등의 수생식물이 식재된 공원 내 수공간에서 침전, 흡수, 통기 등의 과정을 거쳐 생태적으로 수질을 정화한 후 한강으로 배출될 수 있도록 하였다. ‘Multipli-City’에서는 만초천을 복원하면서 하천의 유지용수가 유입되는 상류부에 침전지를 조성하여 1차적으로 수질을 정화하고 하류의 자연형 하천과 연(蓮)정원의 식생을 활용하여 2차적으로 정화한 후 공원 밖으로 정화된 물을 배출하는 선형의 수질정화시스템을 구축하였다.

‘Healing: The Future Park Yongsan Park, Korea’에서는 서쪽부지에 기존의 미군병원 건물을 허물고 그곳에 연꽃정원을 조성하여 중앙호수로부터 유입된 물이 식생을 통해 자연적으로 정화되고 공원 밖으로 배출되도록 하였고, ‘Yongsan Park: New Public Relevance’에서는 식생정화, 레인가든, 생태습지 등을 활용하여 우수와 수자원을 정화하는 시스템을 제시하였다. ‘Yongsan Madangs’에서는 수생환경을 활용하여 부유물 침전, 식물정화, 산소공급 등의 수질정화 과정을 갖는 수질정화시스템을 구축하여 정화할 수 있도록 하였고, ‘Sacred Presence: Countryside in Citycenter’에서는 만초천을 생태하천으로 복원하여 하천주변에 수질을 정화할 수 있는 습지지역을 조성하고 도시에서 유입된 우수를 습지의 식생과 토양을 통해 자연적으로 정화할 수 있도록 하였다.

넷째, 빗물침투과 관련하여 대부분의 설계안이 구체적인 전략을 제시하지 않았지만, 몇몇 설계안에서 식생수로, 레인가든, 건식수로 등의 강우유출수의 침투가 가능한 녹지공간을 조성하고 투수성포장, 침투트렌치 등의 침투시설을 설치하여 공원에서 발생하는 강우유출수가 지반으로 침투될 수 있도록 하였다. ‘Yongsan Park Towards Park Society’에서는 식생수로, 투수형 개수로, 건식연못 등을 대상지 곳곳에 조성하여 우수가 자연적으로 지반에 침투될 수 있도록 유도하였고, ‘Sacred Presence: Countryside in Citycenter’에서는 토양상태와 침투율에 따라 침투구역을 설정하고 공원 곳곳에 침투시설을 설치하는 전략을 제시하였다.

다섯째, 빗물이용과 관련하여는 대부분의 설계안들이 구체적인 전략을 제시하지는 않았지만 몇몇 설계안에서 빗물저장탱크에 우수를 저장하여 공원 내 수공간을 위한 유지용수, 시설용수, 관개용수 등으로 활용하는 대안을 제시하였다. ‘Healing: The Future Park Yongsan Park, Korea’에서는 공원 내 4개 구역 모두에 지하 빗물저장탱크를 설치하여 공

원 내에 일정량의 수원(水原)을 우수집수를 통해 공급할 수 있도록 하였다. ‘Yongsan Park: New Public Relevance’에서는 지붕의 강우유출수를 빗물저장탱크에 저장하여 건물의 시설용수, 관개용수 등으로 활용하는 전략을 다이어그램을 통해 제시하였고, ‘Yongsan Madangs’에서는 건물의 지붕을 활용하여 우수를 차집하고 이를 빗물저류조에 저장하여 중수(中水)로 활용하는 전략을 제시하는 등의 통합적인 물관리 전략인 하이드로토프(Hydrotope)를 제시하였다.

여섯째, 홍수예방과 관련하여는 대부분의 설계안이 구체적인 전략을 제시하지 않았지만, 몇몇 설계안은 집중호우 시 강우를 저장할 수 있는 저류지, 저류연못 등을 제시하였다. ‘Sacred Presence: Countryside in Citycenter’에서는 공원과 인접한 곳에 55미터 폭의 저류지를 제안하고 공원 내에 집중호우 시 강우유출수를 일시적으로 저장할 수 있는 저류지역을 설정하였으며, 집중호우 동안 강우를 저장하고 범람을 위한 선큰 주차장 등을 제시하였다. ‘Multipli-City’에서는 강우강도에 따라 주차장, 행사장, 저류지 등으로 활용할 수 있는 가변적으로 활용할 수 있는 저류연못을 제시하였다.

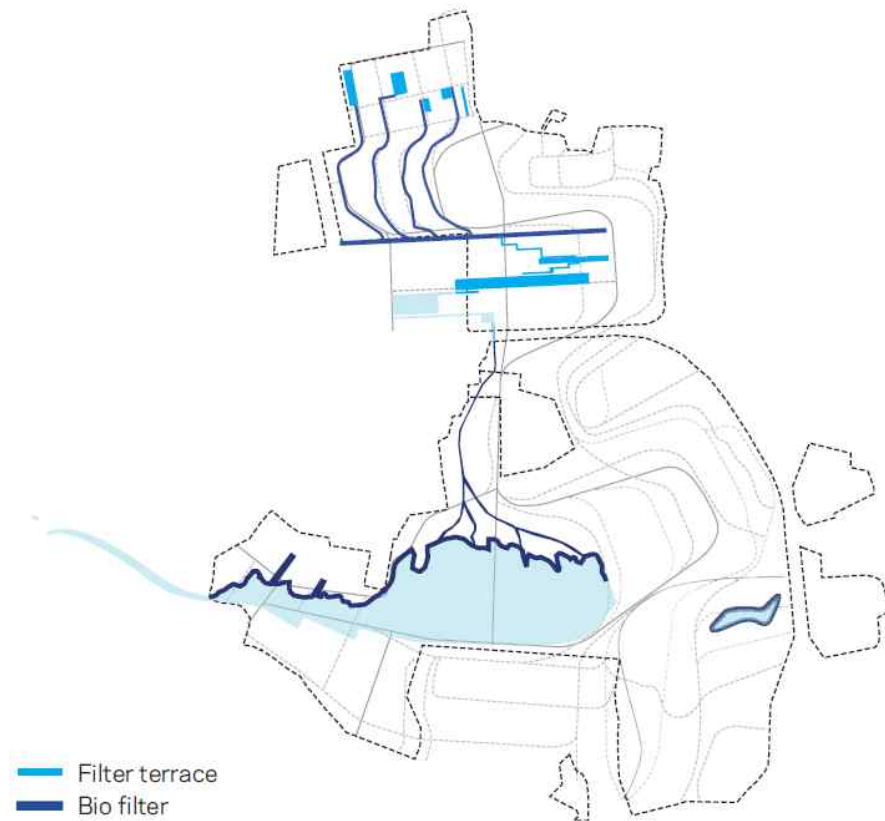
제2절 용산공원 그린인프라스트럭처 전략 도출

본 절에서는 앞서 살펴본 용산공원 설계 국제공모에 출품된 8개의 설계안에서 제시한 그린인프라 전략의 분석내용을 토대로 기존 대상지가 강우유출수를 단순히 배출하던 구조에서 변화하여 자연적 방식으로 강우유출수를 증발산, 저류, 여과, 침투시켜 지하수를 충전하고, 수질을 정화하며, 도시홍수를 예방하는 등 향후 조성될 용산공원과 주변 도시지역의 건전한 물순환 회복을 위한 구체적인 그린인프라 전략을 도출하고자 한다.

1. 연결된 시스템으로서 그린인프라스트럭처 전략

연결된 시스템으로서 그린인프라 전략은 용산공원에 조성되는 생태연못, 인공습지, 생태하천, 정화비오톱, 투수성포장 등 식생기반과 비식생기반의 개별적인 그린인프라 기술요소가 각각의 독립적인 기술요소로서 강우유출수를 자연적인 방식으로 증발산, 저류, 여과, 침투, 저장하는 개별적 시스템으로 작동할 수도 있지만 이러한 각각의 그린인프라 기술요소들이 서로 연결되고 네트워크 되었을 때 더 큰 환경적 편익을 창출할 수 있는 연결된 통합적 시스템으로 작동할 수 있음을 의미한다.

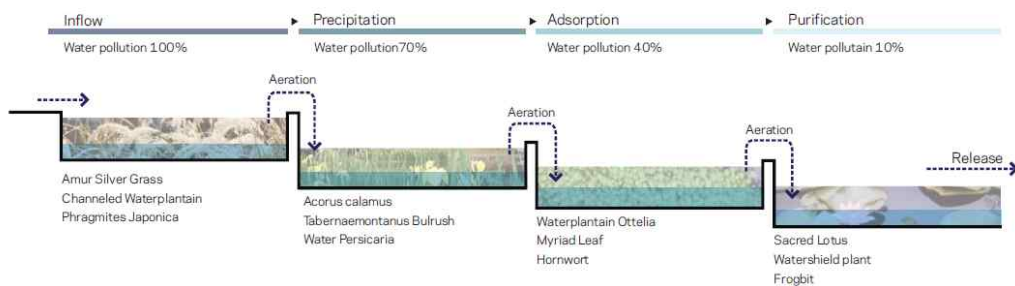
용산공원 설계 국제공모 출품작들의 설계안들 중에서 연결된 시스템으로서 그린인프라 전략을 가장 적극적으로 제시하고 있는 CA조경기술사사무소와 Weiss/Manfredi에서 출품한 ‘Connecting Tapestries from Ridgeline to River’ 설계안에서는 용산공원 내에 복원된 만초천과 새롭게 조성되는 연못, 호수, 물길 등의 수공간을 모두 연결하여 하나의 거대한 수질정화시스템을 구축하였다. 이러한 연결된 수질정화시스템은 용산공원과 주변 도시지역에서 발생하는 강우유출수를 공원 내로 유입시켜 용산공원 내 수공간과 수변에 조성된 필터테라스(filter terrace)와 바이오필터(bio filter)를 통해 자연적인 방식으로 증발산, 저류, 여과, 침투시킨다. 이러한 과정을 통해 공원 내에서 처리된 강우유출수는 용산공원 주변의 도시지역의 하천과 용산공원 남단의 한강으로 정화된 하천수가 배출될 수 있도록 하였다.



〈그림 4-1〉 용산공원 수공간을 활용한 수질정화시스템 다이어그램

자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 'Connecting Tapestries from Ridgeline to River' 설계설명서, p.40.

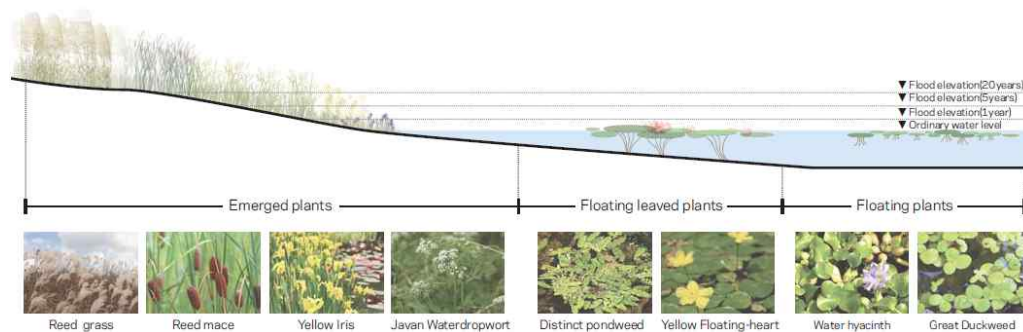
용산공원의 연못, 인공습지 등에 조성되는 필터테라스(filter terrace)는 지형의 차이를 이용하여 조성된 계단식 수질정화시스템으로 용산공원과 주변의 도시지역에서 유입되는 오염된 강우유출수를 필터테라스에 조성된 식생, 토양, 무기질 등을 활용하여 침전, 흡수, 통기의 과정을 거쳐 1차적으로 정화될 수 있도록 하였다.



〈그림 4-2〉 필터테라스를 활용한 수질정화과정 다이어그램

자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 'Connecting Tapestries from Ridgeline to River' 설계설명서, p.40.

또한 필터테라스에 의해 1차적으로 정화된 강우유출수는 용산공원 내에 복원된 만초천, 각각의 수공간을 연결하는 물길, 새롭게 조성된 대규모의 중앙호수 등의 수변에 적용된 바이오필터를 활용하여 2차적으로 정화될 수 있도록 하였다. 바이오필터는 유동적인 수위 변화에 안정적인 수질정화 기능을 제공하기 위해서 갈대, 부들, 노란꽃창포, 미나리 등의 정수식물, 수초, 노랑어리연꽃 등의 부엽식물, 부레옥잠, 개구리밥 등의 부유식물 등 다양한 수생식물을 활용하였다.



〈그림 4-3〉 바이오필터를 활용한 수질정화과정 다이어그램

자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 ‘Connecting Tapestries from Ridgeline to River’ 설계설명서, p.40.

조경설계서안과 M.A.R.U.에서 출품한 ‘Yongsan Park Towards Park Society’의 설계안에서는 현재 하수관거에만 의존하는 대상지의 배수체계를 침투형 도랑, 식생수로, 자연배수로, 만초천 복원 등의 자연적 물길과 건식, 습식연못 등의 자연적인 침투 및 저류공간으로 재조성하였다. 이를 통해 향후 조성될 용산공원의 배수체계를 자연배수체계로 회복하고자 하였다. 또한 이러한 자연배수체계는 각각의 요소들이 지형에 따라 적합하게 배치되고 서로 연결되어 용산공원과 주변지역에서 발생하는 강우유출수를 생태적이고 자연적인 방식으로 침투, 여과, 이동, 저장될 수 있도록 하였다.



〈그림 4-4〉 용산공원 내 회복된 자연배수체계 다이어그램

자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 'Yongsan Park Towards Park Society' 설계설명서, p.31.

이와 함께 과거에 대상지의 남단에 존재하였던 습지지역을 복원하여 용산공원과 주변 도시지역의 강우유출수를 자연적인 방식으로 저류, 여과 침투시켜 수질을 정화하고, 홍수를 예방함과 동시에 용산공원을 방문하는 시민들에게 자연의 심미적인 경관을 체험할 수 있도록 하였다.



〈그림 4-5〉 용산공원 내 복원된 습지지역 경관이미지

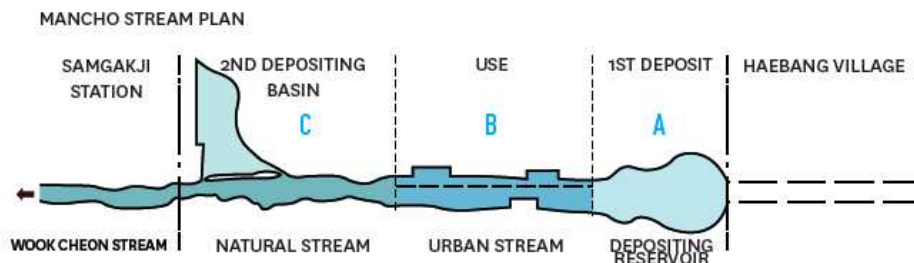
자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 'Connecting Tapestries from Ridgeline to River' 설계설명서, p.30.

이와 같이 용산공원과 주변 도시지역에서 발생하는 강우유출수를 자연적인 방식으로 침투, 여과, 저류, 저장하기 위해서는 인공습지, 생태연못, 정화비오톱, 식생수로, 건식수로, 자연배수로 등 개별적 그린인프라 기술요소를 적용함과 동시에 각각의 기술요소들을 서로 연결시키고 네트워크시킴으로서 수질정화, 지하수의 충전, 홍수의 예방 등 더 큰 환경적 편익을 창출할 수 있다. 또한 이러한 연결된 시스템으로서 그린인프라는 용산공원과 주변 도시지역의 물순환을 회복할 뿐 아니라 공원을 방문하는 시민들에게 자연의 변화과정을 경험하고 심미적인 자연경관을 체험할 수 있는 기회를 제공할 수 있다.

2. 생태적 작동시스템으로서 그린인프라 전략

생태적 작동시스템으로서 그린인프라 전략은 강우유출수를 증발산, 저류, 여과, 침투, 저장하기 위해서 투수성포장, 빗물저장시설, 지하저류시설 등의 하드한 공학적 시스템만을 활용할 뿐 아니라 레인가든, 인공습지, 옥상녹화, 생태연못 등에 조성되는 식생, 토양, 무기질 등의 소프트한 생물학적 시스템을 적극적으로 활용하여 용산공원과 주변지역에서 발생하는 강우유출수를 자연적인 방식으로 증발산, 침투, 여과, 저류하는 생태적 시스템을 의미한다.

씨토포스와 SWA에서 출품한 ‘Multipli-City’ 설계안에서는 과거에 대상지에 흐르던 만초천을 선형의 수질정화시스템으로 구축하여 용산공원 주변의 도시지역에서 유입되는 물을 만초천 상류부에 침전지를 통해 1차적으로 수질을 정화하고, 정화된 물은 다시 만초천 하류지역과 연결된 연(蓮)정원의 식생을 활용하여 2차적으로 정화시킨 후 만초천과 연결된 도시지역의 하천으로 정화된 하천수를 배출하도록 하였다.



〈그림 4-6〉 용산공원 내 복원된 만초천 수질정화시스템 다이어그램

자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 ‘Multipli-City’ 설계설명서, p.27.

만초천을 활용한 수질정화시스템은 주변 도시지역의 강우유출수를 생태적으로 정화할 뿐 아니라 용산공원을 이용하는 방문객들이 이러한 수질정화시스템에 의해 정화된 물을 활용하여 만초천의 수변에서 활동적인 친수활동을 할 수 있도록 하였다.



〈그림 4-7〉 용산공원 내 복원된 만초천 친수활동 경관이미지

자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 'Multipli-City' 설계설명서, p.26.

그룹한 어소시에이트와 Turenscape에서 출품한 'Yongsan Madangs' 설계안에서는 용산공원에 조성되는 하천을 활용하여 정수성 수생식물을 활용한 수질정화, 낙수에 의한 산소 공급, 부유성/부엽성 수생식물을 활용한 수질정화 등 3단계의 수질정화시스템을 구축하여 대상지에서 발생하는 강우유출수를 생태적인 방식으로 침투, 여과, 이동시켜 용산공원 남단에 인접한 한강으로 정화된 하천수가 배출될 수 있도록 하였다.



〈그림 4-8〉 용산공원 내 하천의 수질정화과정 경관이미지

자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 'Yongsan Madangs' 설계설명서, p.29.

또한 용산공원 내에 새롭게 조성되는 습지, 생태하천, 연못 등의 수변에는 공원을 이

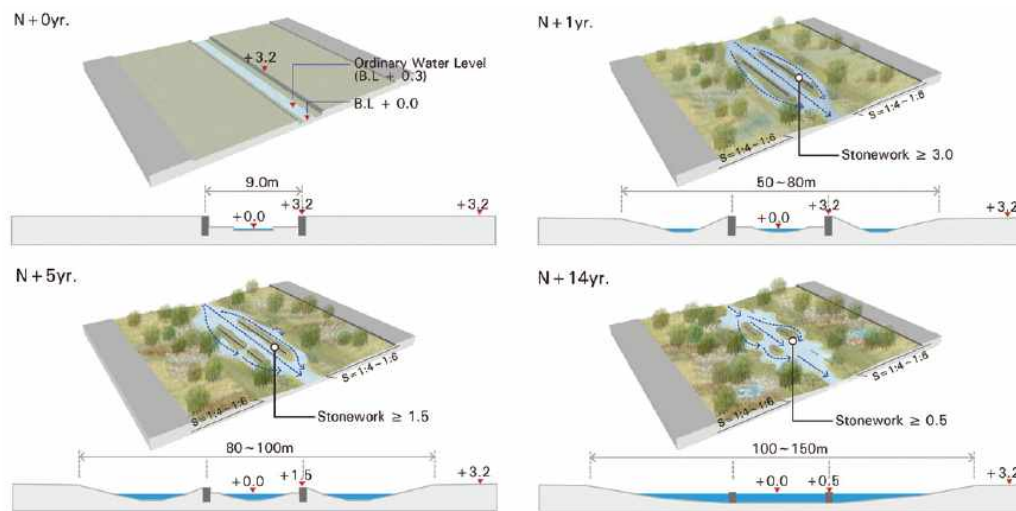
용하는 방문객들의 산책, 조깅, 이동을 위한 보행로와 자전거로를 조성하였고, 자연관찰, 생태경관 체험 등의 활동이 가능하도록 폭이 넓은 커뮤니티 가로를 조성하였다. 이를 통해 용산공원에 새롭게 조성되는 인공습지, 자연하천, 생태연못 등의 그린인프라가 수질정화, 서식처 제공 등의 생태적인 기능을 제공할 뿐 만 아니라 용산공원의 방문객들에게 운동, 산책, 휴식, 커뮤니티 활동을 위한 공간을 동시에 제공할 수 있도록 하였다.



〈그림 4-9〉 용산공원 내 복합적 활용을 위한 습지지역 경관이미지

자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 'Yongsan Madangs' 설계설명서, p.17.

동심원조경기술사무소와 Oikos Design에서 출품한 'Sacred Presence: Countryside in Citycenter'의 설계안에서는 현재 대상지에 복개되고 수로화 되어 있는 만초천을 복원하면서 하천 주변으로 자연적 범람원을 조성하여 시간이 흐름에 따라 만초천이 자연형 하천으로 진화 될 수 있도록 하였다. 또한 이러한 만초천 주변의 자연적 범람원은 여름철 집중호우 시 용산공원과 주변의 도시지역에서 발생하는 강우유출수를 유입시켜 홍수터의 역할을 할 수 있도록 하여 생태적인 방식으로 용산공원과 주변 도시지역의 홍수와 침수를 예방할 수 있도록 하였다.



〈그림 4-10〉 용산공원 내 만초천 복원 변화과정 다이어그램

자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 'Sacred Presence: Countryside in Citycenter' 패널에서 발췌.

이러한 용산공원 내에 조성되는 만초천 주변의 자연적 범람원은 홍수예방의 방재적 기능 뿐 아니라 공원을 이용하는 방문객들에게 자연의 생태적이고 역동적인 경관을 체험할 수 있도록 하였다.



〈그림 4-11〉 용산공원 내 복원된 만초천 강우시 경관이미지

자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 'Sacred Presence: Countryside in Citycenter' 패널에서 발췌.

이와 같이 용산공원에 조성되는 새로운 수공간은 단순히 물을 담는 수조의 역할이나 시민들이 이용하는 친수공간에만 머물지 않고 용산공원과 주변의 도시지역에서 발생하는 강우유출수를 유입시켜 수공간과 수변의 식물, 토양, 무기질을 활용하여 침전, 흡수, 통기 등의 생물학적 과정을 통해 오염된 물을 정화시킬 수 있다. 또한 과거에 흐르던 만초천을 복원하면서 단순한 물길의 복원이 아닌 선형의 수질정화시스템으로 구축하거나 하천변에 자연적 범람원을 조성함으로써 생태적인 방식으로 수질을 정화하고 홍수를 예방할 수 있

는 복합적인 그린인프라로서 기능할 수 있다. 이러한 자연범람원은 방재적 역할 뿐 아니라 용산공원을 방문하는 이용객들에게 자연의 역동적인 경관을 체험할 있는 장을 제공할 수 있다. 또한 용산공원에 새롭게 조성되는 인공습지, 생태하천, 연못 등의 수공간과 수변에는 수질정화, 서식처 제공 등의 생태적인 기능뿐 아니라 용산공원의 이용자들을 위한 커뮤니티 공간, 휴식, 자연관찰, 경관체험의 기회를 동시에 제공할 수 있다.

3. 다차원적 접근으로서 그린인프라스트럭처 전략

다차원적 접근으로서 그린인프라 전략은 용산공원 내에 조성되는 레인가든, 인공습지, 생태연못, 저류지, 식생수로, 빗물저장시설, 투수성포장 등 식생기반과 비식생기반의 그린인프라 기술요소가 공원 내에 조성되는 녹지, 수공간, 건물, 건물주변, 옥상, 도로, 보행로 등 복합적인 토지이용에 다차원적 스케일로 적용될 수 있다는 것을 의미한다.

용산공원 설계 국제공모의 출품작 중 다양한 토지이용에 다차원적 스케일의 그린인프라를 가장 적극적으로 도입한 그룹한 어소시에이트와 Turenscape 외에서 출품한 ‘Yongsan Madangs’ 설계안에서는 용산공원 내 조성되는 건물, 건물주변, 녹지, 수공간, 보행로, 구조물 등 다양한 시설과 토지이용에 적용될 수 있는 빗물저류조, 레인가든, 인공습지, 투수성포장, 벽천 등의 소규모의 분산형 그린인프라 기술요소들을 제시하였다.

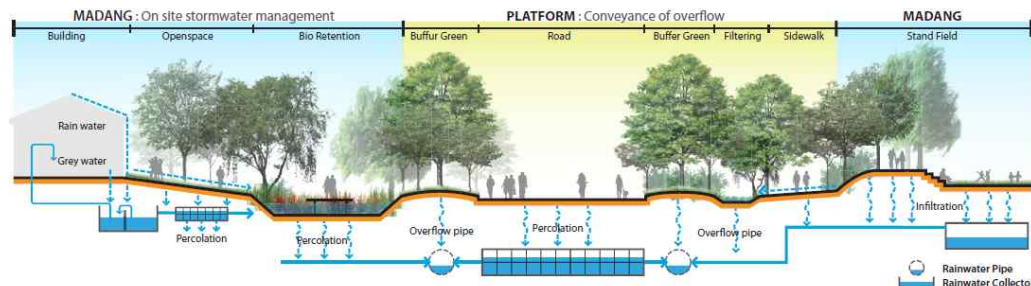


〈그림 4-12〉 용산공원 내 토지이용별 적용가능한 그린인프라 기술요소 다이어그램

자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 ‘Yongsan Madangs’ 설계설명서, p.47.

이러한 다차원적 스케일의 레인가든, 습지, 식생여과대 등 식생기반의 그린인프라는 용산공원과 주변 도시지역에서 발생하는 강우유출수를 증발산, 저류, 여과하고 지반으로 침투시켜 지하수를 충전할 수 있도록 한다. 보행로, 산책로 등 포장지역에 조성되는 투수성포장과 빗물저장시설 등 비식생기반의 그린인프라 기술요소는 강우유출수를 지반으로 침투시키고 건물옥상에서 발생하는 강우유출수를 빗물이용시설에 저장하여 건물의 시설

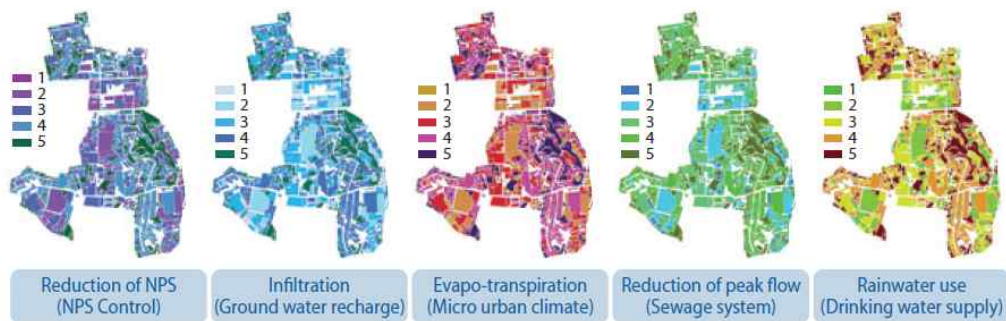
용수 등으로 재활용할 수 있도록 하였다.



〈그림 4-13〉 용산공원 내 그린인프라 빗물침투·저장과정 다이어그램

자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 ‘Yongsan Madangs’ 설계설명서, p.48.

또한 ‘Yongsan Madangs’ 설계안에서는 용산공원 부지의 수리학적 기본 공간단위의 기능과 현황을 파악하고, 하천수, 자연물순환, 도시물관리 체계의 수질 등을 개선하기 위해 토지이용 유형 및 공간프로그램을 고려한 저영향개발(LID) 기술의 최적화 된 규모를 제시한다는 ‘도시 하이드로-토프(Urban Hydrotape)’¹¹⁰⁾ 전략을 제시하였다.



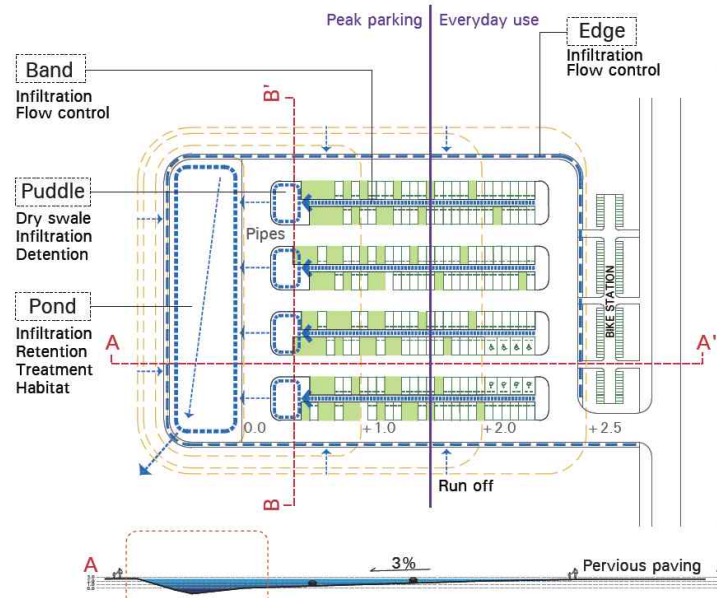
〈그림 4-14〉 용산공원 도시 하이드로-토프 전략 다이어그램

자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 ‘Yongsan Madangs’ 설계설명서, p.47.

동심원조경기술사무소와 Oikos Design에서 출품한 ‘Sacred Presence: Countryside in Citycenter’에서는 용산공원 내에 조성 될 주차장에 침투수로와 건식수로를 조성하여 주차장과 주변에서 발생하는 강우유출수를 지형의 조절을 통해 자연적으로 이동시키고 지반으로 침투될 수 있도록 하였다. 또한 집중호우 동안 침투수로와 건식수로의 수용용량을 초과하는 강우유출수는 주차장의 일정공간에 조성된 저류연못에 유입시켜 저장하고 지반

110) 도시하이드로-토프(Urban Hydrotape): 인간의 활동이 영위되는 도시지역의 하이드로-토프를 의미함. 이는 물공급, 배수, 수질 등을 통해 가늠할 수 있다- “Yongsan Madangs” 설계설명서, p. 47.

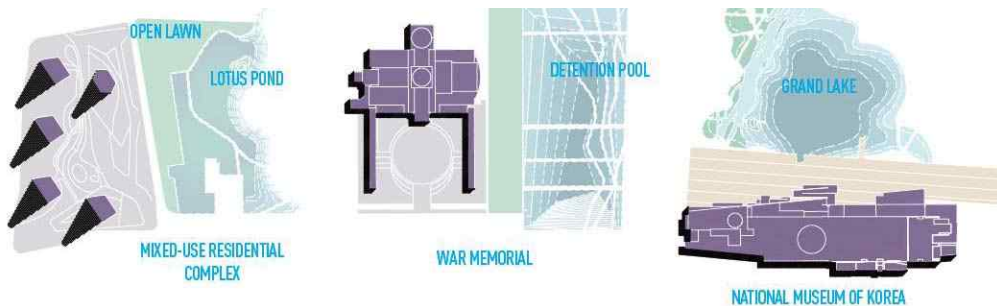
으로 침투시켜 홍수와 침수를 예방할 수 있도록 하였다.



〈그림 4-15〉 용산공원 내 저류지로서 주차장 다이어그램

자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 ‘Sacred Presence: Countryside in Citycenter’ 설계설명서, p.22

씨토포스와 SWA에서 출품한 ‘Multipli-City’ 설계안에서는 용산공원에 대규모의 중앙호수, 정화연못, 저류지 등을 새롭게 조성하고, 과거에 흐르던 만초천을 복원하는 등 용산공원에 조성되는 다양한 수공간을 통해 용산공원과 주변 도시지역에서 발생하는 강우유출수를 자연적인 방식으로 저류, 저장, 여과, 침투시키고자 하였다.



〈그림 4-16〉 용산공원 내 다양한 수공간 다이어그램

자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 ‘Multipli-City’ 설계설명서, p.24.

특히 전쟁기념관과 인접하여 용산공원 내에 조성된 저류연못은 건기 시에는 공연, 전시 등의 다양한 문화 프로그램을 제공하지만 집중호우 시에는 빗물을 저류하여 홍수와 침수를 예방할 수 있는 저류지의 역할을 제공하도록 하였다. 또한 이러한 가변적 저류지는

용산공원과 주변 도시지역의 홍수와 침수를 예방하는 방재적인 역할 뿐만 아니라 용산공원을 이용하는 방문객들에게 자연의 변화과정과 심미적인 자연경관을 체험할 수 있도록 하였다.



〈그림 4-17〉 용산공원 내 저류연못 강우시 경관이미지

자료: 용산공원 설계 국제공모에 제출된 'Multipli-City' 설계설명서, p.28.

이와 같이 용산공원 내 조성되는 호수, 연못, 하천 등의 수공간 뿐 아니라 녹지, 건물, 건물주변, 보행로, 도로, 주차장, 광장 등 용산공원 내 조성되는 다양한 토지이용에 레인가든, 인공습지, 옥상녹화, 저류지, 식생수로, 침투수로 등의 다차원적인 그린인프라 기술요소들을 적용하여 용산공원과 주변 도시지역에서 발생하는 강우유출수를 여과, 침투, 저류, 저장시켜 강우유출량을 저감시키고, 수질을 정화하며, 홍수를 예방하는 등 용산공원과 주변 도시지역의 건전한 물순환을 회복할 수 있다.

제5장 결론

최근 기후변화에 따른 강우패턴의 변화와 도시화로 인한 불투수층의 증가로 인해 도시홍수의 증가, 지하수위의 저하, 열섬현상의 심화, 수질오염의 악화 등이 빈번하게 발생되고 있다. 이에 본 연구는 도시지역에 물순환 왜곡으로 인해 발생하는 문제점을 해결하기 위해 최근 도시 물순환 관리 전략으로서 미국을 중심으로 활발하게 논의되고 있는 그린인프라의 정책, 기술요소, 계획 및 설계전략 등 그린인프라 실천전략에 관하여 연구하고자 하였다.

이를 위해 먼저, 그린인프라의 개념, 유형, 편익 등의 이론적 내용을 고찰하였고, 최근 그린인프라의 정책적 실행에 있어 선도적인 북미에 주요도시들의 그린인프라 정책을 분석하고 서울시의 그린인프라 관련 정책과 비교분석하여 국내에 그린인프라 정책수립에 있어 시사점을 제시하고자 하였다. 또한 그린인프라가 실제로 조성된 해외의 다양한 그린인프라 계획 및 설계사례를 분석하여 그린인프라의 기술요소와 계획 및 설계전략을 도출하였다. 이러한 연구를 토대로 국내 최초로 국가공원으로 조성되고 있는 용산공원 설계 국제공모에 제출된 출품작들의 그린인프라 설계전략을 분석하고 향후 조성될 용산공원과 주변 도시지역의 물순환 회복을 위해 적합한 그린인프라 전략을 도출하였다. 이를 통해 다음의 몇 가지 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 미국을 중심으로 1990년대 후반에 통용되기 시작한 그린인프라는 자연지역과 오픈스페이스 등의 상호연결을 중요시하는 공원녹지네트워크 개념에서 시작하여, 최근에는 도시지역에 훼손된 자연의 수문학적 과정을 회복하기 위한 지속가능한 도시 물순환 관리 전략으로서 그린인프라 개념으로 진화되고 있다.

그린인프라의 초기 개념인 공원녹지네트워크로서 그린인프라는 자연 생태계의 가치와 기능을 보존하고 인간에게 편익을 제공하는 상호 연결된 녹색공간의 네트워크를 의미한다. 이에 최근의 도시 물순환 관리로서 그린인프라는 서식처, 홍수보호, 대기질 향상, 수질향상 등을 제공하는 자연지역의 패치워크를 의미함과 동시에 빗물을 흡수하고 저장함으로써 자연의 수문학적 과정을 모사하는 빗물관리시스템을 포함한다.

둘째, 그린인프라는 협의적 의미에서 소규모의 레인가든, 식생수로, 인공습지, 옥상녹화, 침투트렌치, 투수성포장, 빗물저장시설 등 도시지역에 적용가능한 강우유출수 및 오염

원 저감 기술요소를 포함할 뿐 아니라 광의적 의미에서 그린인프라는 도시지역의 건전한 물순환을 위한 산림, 하천 등의 자연지역과 공원, 녹지 등 오픈스페이스의 보존과 상호연결을 의미하는 도시지역의 주요한 생태적 인프라를 포함한다.

구체적으로 그린인프라는 유역과 지역차원에서 생태계에 필수적인 환경적 기능을 제공하는 자연의 토지와 물의 상호연결된 네트워크를 의미하며 서식처 코리더와 수자원 보호 등을 포함할 수 있다. 도시와 단지차원에서 그린인프라는 불투수 면적을 줄이는 전략과 컴팩트개발, 용도혼합개발, 녹지보존과 같은 도시계획과 설계전략을 포함할 수 있다. 부지차원에서 그린인프라는 식생, 토양, 무기질 등을 활용하여 대상지의 자연적 수문학을 유지하거나 복원하는 방식으로 강우유출수를 관리하는 레인가든, 인공습지, 옥상녹화, 침투플랜터, 투수성포장, 빗물저장시설 등을 포함할 수 있다.

셋째, 그린인프라는 강우유출수의 저감과 침투, 지하수 충전, 도시홍수와 침수의 예방 등 도시의 물순환 회복 뿐 아니라 도시지역의 열섬현상 완화, 동식물의 서식처 제공, 생물다양성 증진, 대기질 향상, 에너지 사용절감, 여가·휴양 기회의 제공, 삶의 질 향상, 자산가치 상승, 기후변화 적응과 완화 등 다양한 사회적, 경제적, 환경적인 편익을 다차원적으로 지속가능하게 제공할 수 있다.

그린인프라 제공하는 환경적 편익은 도시열섬현상의 완화, 이산화탄소 등 온실가스의 저감, 이산화질소, 오존, 이산화황 등의 대기오염물질 제거, 대기질 향상, 동식물의 서식처 제공, 수자원 보호, 지하수 충전 등을 포함할 수 있다. 그린인프라 제공하는 경제적 편익은 기존 기반시설의 건설 및 유지관리 비용의 절감, 자산가치의 상승, 냉·난방에 소비되는 에너지 비용의 절감 등을 포함할 수 있다. 그린인프라가 제공하는 사회적 편익은 도시민의 건강 향상, 레크레이션 공간 제공, 도시 그린웨이 조성, 보행로와 자전거로 제공, 쾌적한 가로환경 및 거주성의 강화, 도시홍수와 침수예방 등을 포함할 수 있다.

넷째, 미국의 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀 등의 주요도시에서는 기존의 강우유출수 관리를 위한 단일목적의 회색인프라를 지양하고 다차원적이고 비용효과적이며 지속가능한 편익을 제공하는 그린인프라 정책을 수립하고 이를 조성하기 위해 그린인프라 규정 및 조례, 시범사업, 교육 및 지원활동, 빗물요금, 인센티브 등의 다양한 정책수단을 활용하고 있다.

그린인프라 실행을 위해서 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀 세 도시 모두는 개발사업,

재개발사업에 빗물침투와 그린인프라 설치를 요구하는 구체적인 조례를 제정하여 시행하고 있다. 또한 포틀랜드의 그린스트리트 프로그램, 시애틀의 자연배수시스템 프로그램 등 그린인프라 시범사업을 지속적으로 운영 및 모니터링하고 점차 도시전역 프로그램으로 확대하였다. 그린인프라의 홍보를 위해서 필라델피아와 포틀랜드는 그린인프라 도보 및 자전거투어, 빗물저장통 무료제공, 그린인프라의 설치, 관리 등에 관한 무료 워크숍 등의 다양한 그린인프라 교육과 지원활동을 지속적으로 제공하고 있다. 그린인프라 실행을 위한 재정확보를 위해 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀의 세도시 모두 부지의 불투수층면적에 따라 부과되는 필지기반시스템의 빗물요금체계를 적용하여 빗물요금을 부과하고 있다. 또한 그린인프라를 장려하기 위해서 필라델피아, 포틀랜드, 시애틀 모두 그린인프라 조성시 빗물요금 감면, 세금공제 혜택 등의 다양한 인센티브 프로그램을 제공하고 있다.

다섯째, 해외의 주요도시들은 도시의 물순환 회복을 위해 그린인프라의 양적인 확충뿐 아니라 도시, 단지, 부지, 가로 등의 다양한 토지이용에 질 높은 수준의 그린인프라 계획과 설계를 통해 도시민에게 쾌적한 환경과 심미적인 만족감을 제공할 수 있는 작동하는 조정설계로서 그린인프라의 조성을 실천하고 있다.

도시 물순환을 위한 그린인프라는 주택정원의 레인가든, 도심지 건물의 옥상녹화에서부터 가로와 도로변의 강우플랜터, 커브익스텐션, 그리고 도심지의 빗물공원, 생태하천 등 크고 작은 오픈스페이스까지 다양한 토지이용에 다차원적인 스케일로 새로운 개발과 재개발, 그리고 기존 자산 모두에 적용될 수 있다. 이러한 옥상녹화, 레인가든, 강우플랜터, 빗물저장시설, 인공습지 등의 각각의 그린인프라 구성요소는 독립적인 요소로서 강우유출수를 증발산하고, 저류하고, 저장하고, 여과하는 시스템으로 작동할 수도 있지만 이러한 그린인프라의 구성요소들이 서로 연결되고 네트워크 되었을 때 더 큰 환경적 편익을 창출하는 연결된 시스템으로서 작동할 수 있다. 또한 그린인프라의 구성요소는 하드한 공학적 시스템만을 활용하는 것이 아닌 식생, 토양 등의 소프트한 생물학적 시스템을 적극적으로 활용하여 강우유출수를 자연적으로 증발산, 침투, 여과, 저류 할 수 있는 생태적 시스템으로서 작동한다. 궁극적으로 이러한 도시 물순환 관리로서 그린인프라는 도시에서 파괴된 자연의 수문학적 과정을 회복함과 동시에 자연과 녹지지역의 복원을 통해 도시에서 잃어버린 자연성을 회복할 수 있다.

여섯째, 향후 조성될 용산공원은 인공습지, 생태하천, 호수, 생태연못, 식생수로, 저

류지, 투수성포장 등 식생기반과 비식생기반의 그린인프라 기술요소를 활용하여 용산공원 내 조성되는 녹지, 수공간, 건물, 도로, 보행로 등 다양한 토지이용에 적용하고 각각의 그린인프라 기술요소들이 생태적 작동시스템으로 기능할 뿐 아니라 서로 연결되고 네트워크됨으로서 더 큰 환경적, 경제적, 사회적 편익을 창출할 수 있다.

향후 조성되는 용산공원은 대상지와 주변 도시지역에서 발생하는 강우유출수를 자연적인 방식으로 침투, 저류, 저장할 수 있는 하천, 인공습지, 생태연못, 식생수로, 건식수로, 자연배수체계 등 다양한 그린인프라 기술요소를 적용할 뿐 아니라 이들을 서로 연결시키고 네트워크함으로서 지하수의 충전, 수질정화, 도시홍수의 예방 등 더 큰 환경적 편익을 창출할 수 있다. 또한 용산공원에 조성되는 새로운 수공간이 단순히 물을 담는 수조의 역할이나 시민들이 이용하는 친수공간에만 머물지 않고 용산공원과 주변의 도시지역에서 발생하는 강우유출수를 유입시켜 수공간과 수변의 식물, 토양, 무기질을 활용하여 침전, 흡수, 통기 등의 생태적인 정화과정을 통해 오염된 물을 정화시킬 수 있다. 용산공원 내 조성되는 호수, 연못, 하천 등의 수공간 뿐 아니라 녹지, 건물, 건물주변, 보행로, 도로, 주차장, 광장 등 용산공원 내 조성되는 다양한 토지이용에 레인가든, 인공습지, 옥상녹화, 저류지, 식생수로, 침투수로 등의 다차원적인 그린인프라 기술요소들을 적용하여 용산공원과 주변 도시지역에서 발생하는 강우유출수를 여과, 침투, 저류, 저장시켜 강우유출량을 저감시키고, 수질을 정화하며, 홍수를 예방하는 등 용산공원과 주변 도시지역의 건전한 물순환을 회복할 수 있다. 이러한 다차원적인 그린인프라는 용산공원과 주변 도시지역의 물순환 회복과 함께 공원을 방문하는 이용객들에게 자연의 역동적인 변화 과정을 경험하고 심미적인 자연경관을 체험할 수 있는 기회를 제공할 수 있다.

참고문헌

단행본

- 강정은, 이명진, 구유성, 조광우, 이재욱(2011). 『기후변화 적응형 도시 리뉴얼 전략 수립: 그린인프라의 방재효과 및 적용방안』. 한국환경정책평가연구원.
- 강정은, 엄정희, 배현주, 최희선, 이명진, 강운원, 박재철(2012). 『기후변화 적응형 도시 구현을 위한 그린인프라 전략 수립』. 한국환경정책평가연구원.
- 국토해양부(2011). 『용산공원 설계 국제공모 지침서』. 국토해양부.
- 국토해양부(2011). 『용산공원정비구역 종합기본계획』. 국토해양부.
- 배정환(편저)(2013). 『용산공원』. 서울: 마티.
- 서울시 도시안전실(2013). 『건강한 물순환 도시 조성 종합계획 보고서』. 서울특별시.
- 서울특별시(2013). 『서울특별시 빗물관리에 관한 조례 전부개정 조례(안)』 공청회 자료집』. 서울특별시.
- 송교욱, 이창현, 최철웅(2012). 『델타에코시티 그린인프라 구축방안』. 부산발전연구원.
- 장수환(2009). 『신도시의 물관리 건전화를 위한 그린인프라 조성 기준에 대한 연구』. 한국환경정책평가연구원.
- 조경진, "기억하는 도시, 사랑하는 도시: 용산의 기억과 장소성" 『용산』. 김일태 외 5(공편)(2009). 서울: 마티.
- 조경진, "공원, 도시의 희망" 『공원을 읽다』. 조경비평 봄(2010). 일산: 나무도시.
- 한영해, 최영국, 이태구(2005). 『생태적 도시개발을 위한 물관리 체계 확보방안 연구: 분산식 빗물관리를 중심으로』. 국토연구원.
- 최희선, 김동현, 조성운(2010). 『수변지역 도시재생에 있어 저영향개발기법(LID)의 적용 방안 및 효과』. 한국환경정책평가연구원.
- 환경부(2009). 『기후변화 적응을 위한 한국형 그린인프라 구축방안 연구 - 도시 물 순환체계 중심으로』. 환경부.
- 환경부(2013). 『저영향개발(LID) 기술요소 가이드라인』. 환경부.
- 용산공원 설계 국제공모 출품작 최종 제출 도서(패널 및 설계설명서)

- American Rivers, the Water Environment Federation, the American Society of Landscape Architects, & ECONorthwest(2012). *Banking On Green: A Look at How Green Infrastructure Can Save Municipalities Money and Provide Economic Benefits Community-wide*. Retrieved from http://www.asla.org/uploadedFiles/CMS/Government_Affairs/Federal_Government_Affairs/Banking%20on%20Green%20HighRes.pdf
- Atelier Dreiseitl(2002). *Bishan-Ang Mo Kio Park and Kallang River*. Retrieved from http://blogs.gsd.harvard.edu/loeb-fellows/files/2012/11/AD-Ref_Singapore_Bishan-Park.pdf
- Benedict, Mark A., & Edward T. McMahon(2002). *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*. Retrieved from <http://www.sprawlwatch.org/greeninfrastructure.pdf>
- Benedict, Mark A., & Edward T. McMahon(2006). *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Washington, DC: Island Press.
- BES(2004). *'Flow Test Report for Siskiyou Curb Extension', Sustainable Stormwater Management Program, Bureau of Environmental Services*. Portland: City of Portland.
- BES(2005). *'NE Siskiyou Green Street Project Report', Sustainable Stormwater Management Program, Bureau of Environmental Services*. Portland: City of Portland.
- BES(2007). *'SW 12th Avenue Green Street Project', Sustainable Stormwater Management Program, Bureau of Environmental Services*. Portland: City of Portland.
- BES(2008). *BES Design Report: Stormwater Retrofit at Mt. Tabor Middle School*. Portland: City of Portland.
- Bull, G.(2013). *Green Infrastructure: An Integrated Approach to Land Use. Landscape Institute*. Retrieved from <http://www.landscapeinstitute.org/PDF/Contribute/2013GreenInfrastructureLIPositionStatement.pdf>
- Calkins, Meg.(2011). *The Sustainable Sites Handbook: A Complete Guide to the Principles, Strategies, and Best Practices for Sustainable Landscapes*. New Jersey: John

Wiley & Sons.

- Chau, Haan-Fawn(2009). *Green Infrastructure for Los Angeles*. Retrieved from http://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/climate/docs/resources/la_green_infrastructure.pdf
- Communtties and Local Government(2008). *Planning Policy Statement 12: Creating Strong Safe and Prosperous Communities through Local Spatial Planning*. London: TSO.
- Coyle, Stephen J.(2011). *Sustainable and Resilient Communities: A Comprehensive Action Plan for Towns, Cities, and Regions*. Vol. 15. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Czerniak, Julia(Ed.)(2007). *Large Parks*. New York: Princeton Architectural Press.
- Davies, C., R. MacFarlane, C. McGloin and M. Roe(2006). *Green Infrastructure Planning Guide: Version1.1*. Retrieved from <http://www.scribd.com/doc/33007993/Green-Infrastructure-Planning-Guide>
- De Roo, Michelle.(2011). *The Green City Guidelines: Techniques for a Healthy Liveable City*. *The Green City*. -: Green City.
- Dinep, Claudia, & Kristin Schwab(2010). *Sustainable Site Design: Criteria, Process, and Case Studies for Integrating Site and Region in Landscape Design*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Dunnett, Nigel, & Andy Clayden(2007). *Rain Gardens: Managing Water Sustainably in The Garden and Designed Landscape*. Portland: Timber Press.
- England, Natural, & Landuse Consultants(2009). *Green Infrastructure Guidance*. Report NE176.
- ENTRIX(2010). *Portland' s Green Infrastructure: Quantifying the Health, Energy, and Community Livability Benefits*. Retrieved from <http://www.portlandoregon.gov/bes/article/298042>
- Farr, Douglas(2012). *Sustainable Urbanism: Urban Design with Nature*. New Jersey: John Wiley & Sons.

- Foster, J., Lowe, A., & Winkelman, S.(2011). *The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation*. -:Center For Clean Air Policy.
- Garrison, Noah, Karen Hobbs, & Natural Resources Defense Council(2011). *Rooftops to Rivers II: Green Strategies for Controlling Stormwater and Combined Sewer Overflows*. New York: Natural Resources Defense Council.
- Hung, Ying-Yu, Gerdo Aquino, & Charles Waldheim(2012). *Landscape Infrastructure: Case Studies by SWA*. Berlin: De Gruyter.
- Kamal-Chaoui, L., & Alexis Robert(2009). *Competitive Cities and Climate Change*. In OECD Regional Development Working Papers (eds.), Retrieved from www.oecd.org/gov/regional/workingpapers
- Klaver, I. J.(2010). *Reclaiming the Infrastructure: the Potential of Green Infrastructure for Urban Renewal around Stormwater Management*. Retrieved from http://www.csid.unt.edu/Files/3TEP/3TEP_Klaver.pdf
- Kloss, Christopher, & Crystal Calarusse(2006). *Rooftops to Rivers I: Green Strategies for Controlling Stormwater and Combined Sewer Overflows*. New York: Natural Resources Defense Council.
- Haybron, D. M.(2008). Philosophy and the Science of Subjective Well-Being. In M. Eid & R. J. Larsen (Eds.), *The Science of Subjective Well-Being* (pp. 17-43). New York: Guilford Press.
- Mandarano, Lynn(2011). Clean Waters, Clean City: Sustainable Storm Water Management in Philadelphia. In Matthew I. Slavin (Eds.), *Sustainability in America's Cities*. Washington, DC: Island Press/Center for Resource Economics.
- Margolis, Liat, & Alexander Robinson(2007). *Living Systems: Innovative Materials and Technologies for Landscape Architecture*. Basel: Springer.
- New York City Department of Environmental Protection(2010). *Green Infrastructure Plan: A Sustainable Strategy for Clean Waterways*. Retrieved from http://www.nyc.gov/html/dep/pdf/green_infrastructure/NYCGreenInfrastructurePlan_LowRes.pdf
- Philadelphia Water Department(2011). *Amended Green City Clean Waters: The City of*

- Philadelphia' s Program for Combined Sewer Overflow Control*. Retrieved from http://www.phillywatersheds.org/doc/GCCW_AmendedJune2011_LOWRES-web.pdf
- Philadelphia Water Department(2009). *Green City Clean Waters: The City of Philadelphia' s Program for Combined Sewer Overflow Control*. Retrieved from http://www.phillywatersheds.org/ltcpu/LTCPU_Summary_HiRes.pdf
- Rouse, David C., & Ignacio F. Bunster-Ossa(2013). *Green Infrastructure: A Landscape Approach*. Washington, DC: American Planning Association.
- Sartzman, Dan, & Dean Marriott(2010) *Stormwater Management Facility Monitoring Report SUMMARY*. Portland: City of Portland Bureau of Environmental Services.
- Sarté, S. Bry(2010). *Sustainable Infrastructure: The Guide to Green Engineering and Design*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Saunders, William(Ed.)(2012). *Designed Ecologies: The Landscape Architecture of Kongjian Yu*. Basle: Birkhäuser Architecture.
- Seattle Public Utilities(2010). *Making the Invisible Visible: Seattle' s Green Stormwater Infrastructure*. Retrieved from <http://www.saveSeattleTrees.org/stormwater%2520presentation.pdf>
- Sexton, Gary, & Jeremiah Smith(2010). *Green Infrastructure Handbook for Local Governments. Southeast Tennessee Development District*. Retrieved from <http://www.sedev.org/downloads/GreenInfrastructureHandbook.pdf>
- Spitzer, Martin A.(Ed.)(1999). *Towards a Sustainable America: Advancing Prosperity, Opportunity, and a Healthy Environment for the 21st Century*. Darby: DIANE Publishing.
- University of Arkansas Community Design Center(2010). *Low Impact Development: A Design Manual for Urban Areas*. Fayetteville: University of Arkansas Press.
- U.S. Environmental Protection Agency(2010). *Green Infrastructure Case Studies: Municipal Policies for Managing Stormwater with Green Infrastructure*. Retrieved from http://c133311.r11.cf0.rackcdn.com/Guide_EPA_GICaseStudiesReduced4.pdf

U.S. Environmental Protection Agency (2010b). *Green Infrastructure in Arid and Semi-Arid Climate*. Retrieved from http://www.icleiusa.org/action-center/tools/EPA_Arid_Climate.pdf

Venhaus, Heather L.(2012). *Designing the Sustainable Site: Integrated Design Strategies for Small Scale Sites and Residential Landscapes*. New Jersey: John Wiley & Sons.

학술지 수록 논문

권경호, 안동만(2000). "토성별 특정 수심의 저류된 유출수의 지하침투 소요시간 산정에 관한 연구-Green Ampt 방정식 적용을 중심으로," 『한국조경학회지』 27(5): 170-180.

권경호, 허옥경(2010). "하수도 사용료 부과의 법적 형평성 제고 방안: 독일의 이원화된 하수도 사용료 제도 도입의 필요성과 과제," 『지방행정연구』 24(4): 293-318.

강창국, 손영규, 조혜진, 김이형, Marla C. Maniquiz(2011). "도시 및 도로 조경공간을 활용한 소규모 인공습지 조성 기술," 『한국습지학회지』 13(2): 231-42.

김선미, 이인성(2007). "레인가든을 적용한 환경 친화적 빗물 처리방안 검토," 『한국환경복원기술학회지』 10(5): 58-66.

김정진, 김태동, 최동혁, 전지홍(2011). "저영향개발(LID)적용을 위한 구조적 BMPs의 유출량 및 비점오염저감 효과모의: LIDMOD2 적용," 『한국물환경학회지』 27(5): 580-86.

김승현(2012). "녹색기반시설에 의한 강우유출 저감방안 연구-뉴욕시 녹색기반시설 계획을 중심으로," 『대한국토·도시계획학회지 국토계획』 47(4): 283-92.

김승현(2013). "지속가능한 도시조경설계에 관한 연구-ASLA Sustainable Landscape Case Studies를 중심으로," 『한국도시계획학회지』 14(1): 97-108.

김용국, 손용훈(2012). "도시계획체계와 연계한 그린 인프라 적용 사례연구-영국 그린 인프라 계획 및 정책을 중심으로," 『대한국토·도시계획학회지 국토계획』 47(5): 69-86.

김창수, 성기준(2011). "레인가든이 지하유출 및 침투유량 감소에 미치는 효과," 『한국환

- 경북원기술학회지』 14(5): 69-79.
- 김창수, 성기준(2012). "비점오염원관리를 위한 레인가든에서 식물과 토양의 영양물질과 중금속 농도변화," 『지하수토양환경』 17(4): 27-35.
- 김효민, 김귀곤(2012). "도시차원의 빗물관리체계 요소별 입지선정에 관한 연구-개발예정 지역의 환경생태계획 적용방안을 중심으로," 『한국조경학회지』 40(3): 1-11.
- 박준호, 유용구, 박영곤, 윤희택, 김종건, 박윤식, 전지홍, 임경재(2008). "SWMM을 이용한 춘천 거두 1지구의 LID 개념 적용으로 인한 유출 감소 특성 분석," 『한국물환경학회지』 24(6): 806-16.
- 박재철, 양홍모, 장병관(2012). "녹색 인프라 구축을 위한 정책," 『한국조경학회지』 40(5): 43-50.
- 배채영, 박찬, 길승호, 최일기, 이동근(2012). "저영향개발(LID)적용에 따른 도시지역 유출 분석-옥상녹화 및 투수성 포장을 중심으로," 『대한국토·도시계획학회지 국토계획』 47(6): 39-47.
- 성종상, 이태구, 한영해, 김연금, 김남희(2003). "분산식 우수관리를 위한 침투통 개발 및 적용효과를 분석," 『한국조경학회지』 32(2): 78-85.
- 성종상(2012). "작동하는 복합환경조절장치 및 녹색기반시설로서 조경-국립해양생물자원관 옥외공간 설계," 『한국환경복원기술학회지』 15(2): 41-56.
- 이동근, 오승환, 윤소원, 장성환(2006). "옥상녹화의 우수유출량 저감효과에 관한 연구-토심 및 식생유무를 중심으로," 『한국환경복원기술학회지』 9(6): 117-22.
- 이은희, 장하경, 안근영(2011). "관리조방형 옥상녹화시스템이 우수순환체계에 미치는 영향," 『한국환경복원기술학회지』 14(4): 81-8.
- 이정민, 현경학, 여옥경(2010). "단지내 차도용 투수성 포장의 물관리 효과분석," 『한국물환경학회지』 26(4): 691-99.
- 이정민, 김종림(2012). "녹색도시 물관리 계획요소 및 수문순환 모의에 관한 연구," 『LHI Journal』 3(3): 271-78.
- 이정민, 현경학, 이운상, 김정곤, 박용부, 최종수(2011). "SWMM-LID를 이용한 저탄소 녹색마을의 LID-분산형 빗물관리 계획에 따른 물관리 효과 분석," 『LHI

- Journal』 2(4): 503-7.
- 이정용, Marla C. Maniquiz, 이소영, 김이형(2010). "포장지역 강우유출수 관리를 위한 침투도랑 기술개발," 『한국습지학회지』 12(3): 165-75.
- 이정용, 강창국, Joan B. Gorme, 김순석, 김이형(2011). "도시내 녹지공간 조성을 위한 소규모 HSSF 인공습지 개발," 『한국습지학회지』 13(2): 199-208.
- 이정훈, 조선주, 김진관, 서성철, 김상단(2012). "비점오염원 저감 LID 시설의 최적설치위치 결정 및 효율 정량화를 위한 분포형 수문모형의 개발," 『한국방재학회논문집』 12(4): 215-23.
- 이주영, 한무영, 양중석, 광동근, 김동근, 권정원, 김도형(2009). "도시 초기우수 저감을 위한 생물학적 빗물저류정원에 관한 연구," 『서울도시연구』 10(4): 81-9.
- 이주영, 한무영(2009). "아파트-주택단지 및 도심 주차장의 생물저류지의 역할," 『GRI Review』 11(1): 201-14.
- 이춘석, 류남형, 한승호(2008). "투수성포장재의 우수 표면유출 저감 효과," 『한국환경복원기술학회지』 11(6): 26-37.
- 이태구, 한영해, 박철민(2002). "친환경적 우수관리를 위한 지구단위계획에서의 적용방안 연구," 『대한국토도시계획학회지』 37(2): 105-16.
- 이태구, 한영해(2003). "분산식 우수관리의 개념과 국내에서의 적용방안," 『대한국토도시계획학회지』 38(5): 271-82.
- 주진걸, 조혜진, 이유화, 김이형(2011). "도시지역 우수유출 저감을 위한 식재박스형 침투시설의 개발," 『한국산학기술학회논문지』 12(11): 5330-6.
- 주진걸, 이유화, 조혜진, 김중훈(2012). "가로수목공간 조성기술의 적용을 통한 장기 우수유출 저감효과 분석," 『한국방재학회논문집』 12(2): 193-7.
- 정승권, 전계원, 전병희, 장창덕(2013). "강원도 지역의 가뭄피해 최소화를 위한 우수저류조 저장기법의 적용성 검토," 『한국위기관리논집』 9(2): 95-104.
- 한영해, 이태구(2006). "한국과 독일의 분산식 빗물관리를 위한 제도를 비교연구," 『한국조경학회지』 34(4): 84-95.
- 최희선, 김귀곤(2009). "신도시 물관리체계 구축을 위한 습지조성 입지선정에 관한 연구," 『한국조경학회지』 36(6): 43-54.

- 최희선, 김귀곤(2009). "동판교 신도시의 물관리 체계 구축방안," 『한국환경복원기술학회지』 12(3): 49-58.
- 한무영(2003). "지속가능한 도시의 물 관리를 위한 빗물 모으기와 빗물이용," 『대한토목학회』 51(2): 62-77.
- 한무영, 김준규, 박상철(2003). "옥상녹화가 빗물유출량 및 수질에 미치는 영향," 『한국건축학회논문집 계획계』 19(11): 279-85.
- 한무영, 문정수, 김충일(2009). "다목적이고 적극적인 빗물관리에 의한 기후변화 적응방안과 국내 사례," 『상하수도학회지』 23(2): 223-30.
- 현경학(2008). "저탄소 도시를 위해 가야 할 길-LID (Low Impact Development, 저영향 개발)," 『한국지반환경공학회 학회지』, 11(6), 2008, pp.5-11.
- Allen, W. L.(2012). "Advancing Green Infrastructure at All Scales: From Landscape to Site," *Environmental Practice*, 14(1): 17-25.
- Benedict, Mark A., & Edward T. McMahon(2002). "Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century," *Renewable Resources Journal*, 20(3): 12-7.
- Berkooz, Corry Buckwalter(2011). "Green Infrastructure Storms Ahead," *Planning*, 77(3): 19-24.
- Gill, S. E., J. F. Handley, A. R. Ennos, & Stephan Pauleit(2007). "Adapting Cities for Climate Change: the Role of the Green Infrastructure," *Built Environment* 1978(-): 115-33.
- Kambites, Carol, & Stephen Owen(2006). "Renewed Prospects for Green Infrastructure Planning in the UK 1," *Planning, Practice & Research* 21(4): 483-496.
- Mell, Ian C.(2008). "Green Infrastructure: Concepts and Planning." In *FORUM ejournal*, 8(-):69-80.
- Kim, Ree Ho, Jung Hun Lee, Mik Yeong Kim, and Hyun Dong Lee(2013), "Implementation of Low Impact Development Concept for New Town Construction in the Republic of Korea," *Advanced Materials Research*, 742(-): 30-33

- Kim, Ree Ho, Jong Bin Park, Jung Soo Mun, and Wo Nok Baek(2012), "The Effect of Porous Block Pavement with Rainwater Storage on Heat Island Mitigation," *Advanced Materials Research*, 586(-): 30-33
- Tzoulas, Konstantinos, Kalevi Korpela, Stephen Venn, Vesa Yli-Pelkonen, Aleksandra Kaźmierczak, Jari Niemela, & Philip James(2007). "Promoting Ecosystem and Human Health in Urban Areas Using Green Infrastructure: a Literature Review," *Landscape and urban planning*, 81(3): 167-78.
- Vandermeulen, Valerie, Ann Verspecht, Bert Vermeire, Guido Van Huylenbroeck, & Xavier Gellynck(2011). "The Use of Economic Valuation to Create Public Support for Green Infrastructure Investments in Urban Areas," *Landscape and Urban Planning* 103(2): 198-206.
- Vogel, Mary(2006). "Moving toward High-Performance Infrastructure," *Urban land*, 65(10): 73-79.
- Wise, Steve(2008). "Green Infrastructure Rising," *Planning*, 74(8): 14-9.
- Yu, Kongjian(2010). "Qiaoyuan Park, Tianjin-An Ecosystem Services-Oriented Regenerative Design," *Topos: European landscape magazine*, 70(-): 28.
- Yu, Kongjian(2010). "Landscape as a Living System: Shanghai 2010 Expo Houtan Park," *Applied Urban Ecology: A Global Framework*, 186-192. DOI: 10.1002/9781444345025.ch14
- Yu, Kongjian(2011). "Qunli National Urban Wetland-A Stormwater Park For a Water Resilient City," *Topos: European landscape magazine*, 77(-): 72.
- Spatari, Sabrina, Ziwen Yu, & Franco A. Montalto(2011). "Life Cycle Implications of Urban Green Infrastructure," *Environmental Pollution*, 159(8): 2174-9.

학위논문

- 권경호(1999). 유출수 저류·침투를 위한 자연배수체계 설계 지침에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문, 미간행.
- 한영해(2005). 도시 주거지역에서의 분산식 빗물관리 계획모형 개발-공동주택단지를 대상

으로. 서울대학교 대학원 박사학위 논문, 미간행.
최희선(2007). 물관리형 생태도시를 위한 유역차원의 습지조성 입지선정에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위 논문, 미간행

학술대회 발표자료

Gallet, D.(2010). "The Value of Green Infrastructure: A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits," WEFTEC, October 2011, Los Angeles.

신문기사 및 보도자료

김재홍, “서울 ‘상습 침수’ 7곳에 대형 배수터널 심는다” 『동아일보』 (2011년 10월 18일).

서울시 도시안전실 물관리정책과, “서소문청사 옥상에 빗물 담는 'Blue roof' 만든다,” 『서울시 보도자료』 (2013년 4월 29일).

서울시 도시안전실 물재생계획과, “서울시, 청운중학교 옥상에 '녹화+빗물저류조' 시범도입,” 『서울시 보도자료』 (2013년 7월 23일).

서울시 푸른도시국 서부공원녹지사업소, “서울시, 월드컵공원에 국내 최초 '빗물관리 주차장,’” 『서울시 보도자료』 (2013년 10월 23일).

서울시 도시안전실 물관리정책과, “우리 집 빗물관리 도와주는 주치의 생긴다,” 『서울시 보도자료』 (2013년 6월 26일).

서울시 도시안전실 물재생계획과, “시민·전문가·공무원 300명 모여 '독일식 빗물세' 도입 논의,” 『서울시 보도자료』 (2013년 9월 4일).

인천광역시 하수과, “빗물부담금 제도 도입 재논의,” 『인천시 보도자료』 (2013년 8월 6일).

홈페이지

EPA United States Environmental Protection Agency <http://water.epa.gov/>

World Buildings Directory <http://www.worldbuildingsdirectory.com/>

American Society of Landscape Architects <http://www.asla.org/sustainablelandscapes/>

Abstract

A Study on the Stormwater Green Infrastructure Strategy for the Sound Hydrological Cycle Management in Urban Areas

Seung-Hyun Kim

Interdisciplinary Doctoral Program in Landscape Architecture

The Graduate School, Seoul National University

Supervised by Professor Kyung-jin Zoh

The changes of rainfall patterns and increasing impervious areas have aggravated urban floods, declining groundwater levels, and Urban Heat Island. For solving the problems, this paper studies about green infrastructure policy, planning, and design issues being currently discussed about the hydrological cycle management strategy in American urban areas.

First of all this paper studies concepts, types, and benefits of green infrastructure. The paper also suggests policy implications for analyzing and comparing green infrastructure policies of Philadelphia, Portland, Seattle, and Seoul. The study draws green infrastructure technical elements and green infrastructure planning and design strategies from case studies.

Based on the drawn results, the study analyzes the entries of the International Competition for Master Plan of the Yong-San Park which will be the first national park in South Korea, and then suggests green infrastructure strategies for the Yong-San Park. This paper draws conclusions on six points.

Firstly, green infrastructure in 1990s started with the concept of green space networks mentioning interconnection with natural areas and open space. Recently it is evolving into a sustainable urban hydrology management strategy for restoring distorted hydrological cycle.

Secondly, green infrastructure, including rain gardens, bio-swales, constructed

wetlands, treebox filters, infiltration trenches, permeable pavements, and rain barrels/cisterns, provides technical elements for reduction of stormwater runoff and pollution source in urban areas. It also contains ecological infrastructure to preserve natural areas and open space such as mountains, forests, woodlands, rivers, and parks.

Thirdly, green infrastructure restores distorted urban hydrology through runoff infiltration, evapotranspiration, and groundwater recharge. It also provides social, economic, environmental benefits such as the urban heat island mitigation, habitat restoration, increase in biological diversity, improving air quality, saving energy, supplying recreation opportunity, and mitigation and adaptation to Climate Change.

Forth, in some major cities such as Philadelphia, Portland, and Seattle, they implement green infrastructure policies obtained cost-effective and sustainable benefits. The policies are rooted on stormwater regulations, pilot projects, education and outreach, stormwater fee, and incentives for replacing gray infrastructure.

Fifth, the cities not only pursue the number of green infrastructure restoring urban hydrology, but also pursue to provide a healthy environment and an aesthetic landscape emerging at various land use patterns.

Lastly, the Yong-San Park as the first national park in South Korea will act as an urban park that restores distorted urban hydrology and mitigates urban floods by applying green infrastructure such as rain gardens, bio-swales, green roofs, permeable pavements, and rain barrels/cisterns on buildings, sports areas, plazas, green spaces, riverside, bicycle roads and trails. Furthermore, the green infrastructure will lead to proper ecological network function and following it by the function, the National Park will create more improved environmental, economic, and social benefits.

KEYWORD: Hydrological Cycle, Green Infrastructure, Policy, Planning, Design,
Yong-San Park

Student Number: 2008-30680